



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



VLIV MATERIÁLOVÉHO SLOŽENÍ NA HYDRAULICKÝ ODPOR TKANINY

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3911T023 – Řízení jakosti

Autor práce: **Bc. Lenka Krejzlová**

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering



THE INFLUENCE OF MATERIAL COMPOSITION ON THE HYDRAULIC RESISTANCE OF THE FABRIC

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3911T023 – Quality Control

Author: **Bc. Lenka Krejzlová**

Supervisor: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.



Tento list nahradte
originálem zadání.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu doc.Ing.Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné připomínky a rady při zhotovení práce.

V neposlední řadě patří také velký dík mým rodičům a příteli za podporu po celou dobu mého studia.

Anotace

Diplomová práce je zaměřena především na prodyšnost textilií a jejich hydraulický odpor.

První část práce je teoretická a popisuje danou problematiku. Zabývá se parametry ovlivňujícími prodyšnost, popisuje přístroje používané při měření prodyšnosti. Dále je zde věnována pozornost komfortu textilií a základním vazbám tkanin.

Praktická část je věnovaná měření prodyšnosti. Je zde blíže popsán přístroj FX 3300, použitý pro měření vzorků tkanin. Výsledky měření jsou následně zakresleny do grafů. Na závěr je uvedeno zhodnocení výsledků měření.

Klíčová slova

Prodyšnost

Hydraulický odpor

Komfort textilií

Vazby tkanin

FX 3300

Annotation

Diploma thesis is focused on the air permeability of textiles and their hydraulic resistance.

The first part is theoretical and describes the issue. It deals with the parameters affecting air permeability, describes the instruments used to measure air permeability. Further attention is paid to the comfort of textiles and basic ties of fabrics.

The practical part is devoted to the measurement of air permeability. There is further described the device FX 3300, used for measuring samples of fabrics. The results of measurement are then plotted. Finally there is mentioned the evaluation of results.

Key words

Air permeability

Hydraulic resistance

Comfort of fabrics

Fabric weave

FX 3300 – Air Permeability Tester

OBSAH

Poděkování	5
Anotace	6
Klíčová slova.....	6
Annotation	7
Key words	7
Seznam použitých symbolů	11
Seznam použitých zkratek	12
ÚVOD.....	13
TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1. VZDUCH.....	14
<i>1.1 Proudění vzduchu</i>	<i>14</i>
1.1.1 Reynoldsovo číslo.....	14
1.1.2 Laminární proudění.....	15
1.1.3 Turbulentní proudění	16
1.1.4 Ztráty při proudění	16
2. MĚŘENÍ.....	17
<i>2.1 Chyby měření</i>	<i>17</i>
2.1.1 Chyby dle místa vzniku	17
2.1.2 Chyby dle příčin vzniku.....	17
3. PRODYŠNOST	19
<i>3.1 Prostup vzduchu.....</i>	<i>19</i>
<i>3.2 Měření prodyšnosti</i>	<i>20</i>
<i>3.3 Parametry ovlivňující prodyšnost.....</i>	<i>21</i>
3.3.1 Vazba	21
3.3.2 Plošná hmotnost.....	21
3.3.3 Objemová měrná hmotnost.....	22
3.3.4 Zakrytí.....	22
3.3.5 Pórovitost.....	23
3.3.6 Tloušťka.....	24
3.3.7 Dostava	24
<i>3.4 Přístroje pro měření prodyšnosti.....</i>	<i>24</i>
3.4.1 Přístroj FX 3300.....	25

3.4.2	Přístroj SDL M 021 S	26
3.4.3	Přístroj METEFEM FF – 12/A	26
3.4.4	Přístroj KES – F8 – AP	26
4.	STANOVENÍ ODPORU TEXTILÍ	27
4.1	Hydraulický odpor	27
4.1.1	Výpočet hydraulického odporu	27
4.1.2	Tepelný odpor	27
4.1.3	Výparný odpor	28
5.	ZÁKLADNÍ VAZBY TKANIN	29
5.1	Plátňová vazba	29
5.2	Keprová vazba	30
5.3	Atlasová vazba	31
6.	KOMFORT TEXTILÍ	33
6.1	Typy komfortu	34
6.1.1	Psychologický komfort	34
6.1.2	Patofyziologický komfort	34
6.1.3	Termofyziologický komfort	35
6.1.4	Senzorický komfort	35
6.1.5	Komfort nošení	36
6.1.6	Omak	36
7.	FUNKCE LIDSKÉ KŮŽE	37
7.1	Teplota lidské kůže	38
7.2	Termoregulace lidského těla	39
	PRAKTICKÁ ČÁST	40
8.	CHARAKTERISTIKA ZKOUŠENÝCH VZORKŮ	41
8.1	Polypropylen	41
8.2	Polyester	42
8.3	Lyocel	43
9.	Přístroj FX 3300	45
9.1	Podmínky měření	45
9.2	Postup zkoušky	45
9.3	Výhody přístroje FX 3300	46
10.	POSTUP MĚŘENÍ	47

11. VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	48
<i>11.1 Vliv z hlediska materiálového složení.....</i>	<i>48</i>
11.1.1 Plátňová vazba výsledky.....	48
11.1.2 Plátňová vazba zhodnocení.....	52
11.1.3 Keprová vazba výsledky.....	53
11.1.4 Keprová vazba zhodnocení.....	57
11.1.5 Atlasová vazby výsledky.....	58
11.1.6 Atlasová vazba zhodnocení.....	62
<i>11.2 Vliv z hlediska konstrukce textilie.....</i>	<i>63</i>
11.2.1 Polypropylen výsledky.....	63
11.2.2 Polypropylen zhodnocení.....	64
11.2.3 Polyester výsledky.....	65
11.2.4 Polyester zhodnocení.....	65
11.2.5 Lyocel výsledky.....	66
11.2.6 Lyocel zhodnocení.....	66
<i>11.3 Celkové zhodnocení.....</i>	<i>67</i>
ZÁVĚR	69
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	70
SEZNAM PŘÍLOH.....	73

Seznam použitých symbolů

A	atlasová vazba
A	plocha, přes kterou prochází vzduch [m^2]
a	šířka vzorku [m]
b	délka vzorku [m]
D	dostava [počet nití/m]
h	tloušťka textilie [m]
K	keprová vazba
k	součinitel propustnosti [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]
L	tloušťka vzorku [m]
l	délka [m]
m	hmotnost plošné textilie [kg]
n	počet nití
N_o	počet osnovních vazných bodů
N_u	počet útkových vazných bodů
P	plátnová vazba
PČ	postupné číslo
P	pórovitost textilie [%]
p	prodyšnost materiálu [m/s]
Q	průtok vzduchu [l/s]
R	odpor proti proudění vzduchu [$\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$]
R	průměr trubice [m]
Re	Reynoldsovo číslo [-]
R_{et}	výparný odpor [$\text{m}^2 \text{Pa}/\text{W}$]
R_{ct}	tepelný odpor [$\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$]
R_H	hydraulický odpor textilie [$(\text{Pa} \cdot \text{s})/\text{m}$]
S	plocha vzorku [m^2]
S	směr řádkování doleva
t	teplota [$^{\circ}\text{C}$]
V	objem plošné textilie [m^3]
v	rychlost proudění kapaliny [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
x_o	skutečná hodnota měřené veličiny
y	naměřená hodnota

Z	směr řádkování doprava
δ	náhodná chyba
Δ	systematická chyba
ΔP	tlakový spád [Pa]
Δp	rozdíl tlaků [Pa]
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia
ρ	hustota tekutiny [kg.m^{-3}]
ρ_s	plošná hmotnost [kg.m^{-2}]
ρ_v	objemová měrná hmotnost [kg.m^{-3}]
η	viskozita tekutiny [$\text{m}^2.\text{s}^{-1}$]
Φ	relativní vlhkost okolí

Seznam použitých zkratk

Apod.	a podobně
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ISO	International Standard Organization
KHT	Katedra hodnocení textilií
LY	Lyocel
Např.	například
Obr.	obrázek
PL	Polyester
PP	Polypropylen
TUL	Technická univerzita v Liberci
Tzv.	tak zvaný

ÚVOD

V dnešní době je kladen čím dál větší důraz na komfortní vlastnosti textilií. A právě prodyšnost je jednou z nejdůležitějších vlastností, která zásadním způsobem ovlivňuje fyziologický komfort textilií.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou především vysvětleny pojmy související s tématem. Je zde věnována pozornost prodyšnosti, která úzce souvisí se strukturou tkaniny, protože právě struktura ovlivňuje výsledné vlastnosti tkaniny. Jsou zde uvedeny parametry ovlivňující prodyšnost a přístroje pro měření prodyšnosti. Dále jsou také vysvětleny pojmy hydraulický odpor a komfort.

V praktické části jsou charakterizovány zkoušené vzorky. Budou měřeny vzorky polypropylenu, polyesteru a lyocelu. Měření prodyšnosti je možné provádět na mnoha přístrojích. Pro měření v této práci bude použit přístroj FX 3300, který je k dispozici na fakultě KHT.

Hlavním cílem práce je především zjistit vliv použitých materiálů na prodyšnost a hydraulický odpor. Dalším cílem je také sledovat vliv použitých vazeb tkaniny na prodyšnost.

V závěrečné části pak budou shrnuty výsledky měření, patrné z příložených grafů a tabulek.

TEORETICKÁ ČÁST

1. VZDUCH

Vzduch je směsí plynů, které tvoří plynný obal Země - atmosféru. Jedná se o stlačitelný plyn bez zápachu, který je tvořen ze 78 % dusíku, 21 % kyslíku a 1 % ostatních plynných látek, jako je například oxid uhličitý a argon, dále i vodní pára, mikroorganismy a další průmyslové látky. Jeho fyzikální vlastnosti se mění především s nadmořskou výškou, hustotou a obsahem vlhkosti. Fyzikální veličiny, kterými se stav vzduchu popisuje, se nazývají stavové veličiny. Stejně jako ostatní plyny vykazuje vzduch vlastnosti pro plyny typické, a to stlačitelnost, tekutost a rozpínavost. Vzhledem k prodyšnosti textilií nás pak zajímají tyto vlastnosti [1]:

- vlhkost
- teplota
- viskozita
- hustota

1.1 Proudění vzduchu

Proudění je charakterizováno jako pohyb tekutiny, v tomto případě vzduchu. Částice vzduchu mají tendenci přestupovat z prostředí s vyšším tlakem do prostředí s tlakem nižším. Proudění může být z hlediska času stacionární a nestacionární. Stacionárním prouděním je takové proudění, které je ustálené. Rychlost dané tekutiny se tedy v závislosti na čase nemění. Nestacionárním prouděním je míněno takové proudění, jehož rychlost se v daném místě tekutiny mění v závislosti na čase. Proudění u tekutin je rozlišováno na laminární a turbulentní [2].

1.1.1 Reynoldsovo číslo

Reynoldsovo číslo slouží k rozlišení laminárního proudění od turbulentního. Je to bezrozměrné číslo. Pro velké hodnoty Reynoldsova čísla se jedná o proudění turbulentní, pro nízké hodnoty se jedná o proudění laminární. V případě, že se hodnota

Reynoldsova čísla blíží k nekonečnu, jde o proudění potenciálové. Hranice mezi těmito případy se označuje jako kritická hodnota Reynoldsova čísla. Tato hodnota je však pro různé kapaliny různá a zjišťuje se experimentálně. Obvykle se kritická hodnota pohybuje kolem hodnoty 2000 [3, 4].

Reynoldsovo číslo je dáno vztahem:

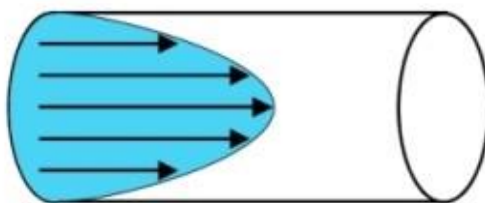
$$Re = \frac{\rho \cdot R \cdot v}{\eta} \quad (1)$$

kde:

Re	Reynoldsovo číslo [-]
ρ	hustota tekutiny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
R	průměr trubice [m]
v	rychlost proudění kapaliny [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
η	viskozita tekutiny [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$].

1.1.2 Laminární proudění

Laminární proudění, někdy také nazývané jako proudnicové proudění, vzniká při malých rychlostech proudící tekutiny. Vrstvy tekutiny se po sobě posouvají a vektory rychlosti v jednotlivých vrstvách jsou rovnoběžné. V tomto případě nedochází k mísení částic z jednotlivých vrstev (na obr. 1). O laminárním proudění se dá hovořit v případě, kdy je hodnota Reynoldsova čísla menší než 2320.



Obr. 1 Laminární proudění [5].

1.1.3 Turbulentní proudění

V případě zvýšení rychlosti proudící tekutiny vzniká z laminárního proudění turbulentní. V tomto případě již dochází k mísení částic mezi sebou (na obr. 2). O turbulentním proudění hovoříme v případě, kdy hodnota Reynoldsova čísla je vyšší než 4000.



Obr. 2 Turbulentní proudění [5].

V intervalu $2320 < Re < 4000$ se jedná o tzv. přechodnou oblast mezi laminárním a turbulentním prouděním.

1.1.4 Ztráty při proudění

Když projde médium skrz porézní systém či textilní materiál, je určitá část energie spotřebována na překonání odporu a další část pro překonání setrvačných sil. Ztráty energie způsobuje tření částic vzduchu o povrch pórů textilie. Ztráty pro překonání tření se tak zvyšují se snížením velikosti pórů, kterými je médium přenášeno. Jak při laminárním, tak při turbulentním proudění dochází k hydraulickým ztrátám, což je způsobeno viskozitou tekutiny, v tomto případě vzduchu. Jako hydraulický odpor tedy označíme všechny ztráty energie, při kterých dochází k rozptylu energie proudící tekutiny.

2. MĚŘENÍ

Měřením je označována činnost, při které dochází k přiřazování číselných hodnot měřeným veličinám. Měřená veličina je součinem číselné hodnoty a příslušné jednotky. Podle zákona se v ČR používá mezinárodní soustava jednotek SI [6].

2.1 Chyby měření

Každé měření, které provádíme, je zatíženo a ovlivněno chybami a ke správné hodnotě se výsledky pouze blíží. V praxi se rozlišují chyby měření podle místa vzniku při postupu měření a podle příčin vzniku.

2.1.1 Chyby dle místa vzniku

Podle místa vzniku rozlišujeme 4 typy chyb:

- Instrumentální chyby – konstrukce přístroje a kvalita garantovaná výrobcem.
- Teoretické chyby – použité parametry, principy měření, fyzikální modely, konstanty.
- Metodické chyby – odečítání dat, organizace při měření, eliminace vnějších vlivů.
- Chyby zpracování dat – nevhodně zvolené statistické metody, numerické chyby při zpracování výsledků [7].

2.1.2 Chyby dle příčin vzniku

Podle příčin vzniku rozlišujeme chyby náhodné, systematické a hrubé.

- Náhodné chyby

Jedná se o chyby, které není možné předvídat. Jsou způsobeny náhodnými rušivými vlivy, například vlivem osvětlení, kolísáním teploty či změnou měrného tlaku. Jsou popsány určitým pravděpodobnostním rozdělením. Náhodné chyby nelze zcela odstranit, jejich vliv lze pouze omezit.

Za předpokladu, že neexistuje hrubá chyba měření, je možné použít následujícího vztahu:

$$y = x_o + \Delta + \delta \quad (2)$$

kde:

y	naměřená hodnota
x_o	skutečná hodnota měřené veličiny
Δ	systematická chyba
δ	náhodná chyba.

- Systematické chyby

Na rozdíl od náhodných chyb je možné systematické chyby předvídat a odstranit je. Jsou dány přesností měřicího přístroje, proto je lze odhalit až při porovnání s výsledky z jiného přístroje. Systematické chyby zkreslují naměřenou hodnotu o konstantu.

- Hrubé chyby

Tyto chyby vznikají především nepozorností či poruchou měřicího přístroje. Hodnoty jsou odlehlé, proto je nutné měření opakovat [7].

3. PRODYŠNOST

Prodyšnost je jednou z nejdůležitějších vlastností textilních materiálů, zajišťující jejich komfort. U mnoha materiálů pro technické aplikace (např. padáky, filtry) je tato vlastnost jedním z hlavních ukazatelů kvality.

S pojmem prodyšnost se často setkáváme v problematice hodnocení textilií. Jak je viditelné z anglického pojmu „air permeability“, lze prodyšnost vyjádřit jako propustnost pro vzduch. Jinými slovy je prodyšnost vlastnost, která popisuje prostup proudícího média materiálem, kdy tímto médiem je právě vzduch.

Výzkum prodyšnosti textilních materiálů začal na konci 19. století. V této době se začaly využívat experimentální metody odhadu vlastností materiálů vhodných pro oblečení.

V současné době se pro popis prodyšnosti používá norma ČSN EN ISO 9237. Tato norma charakterizuje prodyšnost jako objem vzduchu, který prochází kolmo skrz textilií o určité ploše při daném tlakovém spádu za dané teploty a vlhkosti vzduchu. Podmínky pro měření prodyšnosti jsou dle této normy následující [8, 9, 10]:

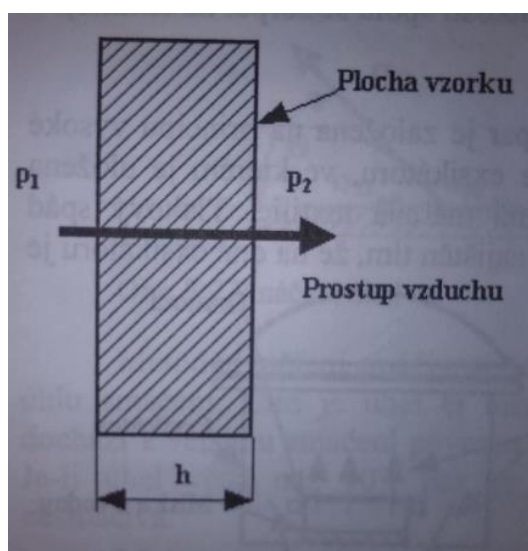
- relativní vlhkost: 65 %
- plocha vzorku: 20 cm²
- teplota: 20 °C
- tlakový spád: 100 Pa pro oděvní plošné textilie
200 Pa pro technické plošné textilie.

3.1 Prostup vzduchu

Prodyšnost, neboli prostupnost vzduchu materiálem, je jedním z nejdůležitějších parametrů, co se užitkových vlastností textilií týče.

Spolu se vzduchem prostupuje textilií také vlhkost a teplo. Prostup vzduchu je vlastností, která zásadním způsobem ovlivňuje fyziologický komfort textilií.

Propustnost textilií pro vzduch je důležitá, protože umožňuje stálou výměnu vzduchu v prostoru pod oděvem. Množství vzduchu prošlého textilií je podmíněné tlakovým spádem, kterým se rozumí rozdíl tlaků před a za textilií. Vzhledem k tomu, že textilie narušuje proud vzduchu, bude tlak před větší než tlak za textilií. V případě měření za normalizovaných podmínek, které jsou zmíněny v předešlé kapitole, bude děj při měření stacionární. Nebude zde tedy docházet ke změnám v textilii [11].



Obr. 3 Prostup vzduchu [11].

Na obrázku 3 je znázorněno schéma prostupu vzduchu textilií s rozdílem tlaků před a za textilií, kde h je tloušťka plošné textilie, přes kterou prochází vzduch, dále tlak vzduchu p_1 a tlak p_2 , přičemž platí, že $p_1 > p_2$. Vzduch s tlakem p_1 proudí skrz textilii o tloušťce h na druhou stranu s tlakem p_2 . Tento děj probíhá až do doby, kdy se tlaky vyrovnají [11, 12].

3.2 Měření prodyšnosti

Jako výsledek studie prostupu skrz porézní médium vyvinul D'Arcy rovnici, která popisuje lineární závislost na tlakové ztrátě.

Měření prodyšnosti spočívá ve vytvoření tlakového spádu mezi dvěma stranami plošné textilie. Základní rovnicí pro výpočet prodyšnosti je D'arcyho rovnice, daná vztahem [10, 13, 14]:

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot \Delta p}{L} \quad (3)$$

kde:

Q	tok vzduchu [m^3/s]
k	součinitel propustnosti [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]
A	plocha, přes kterou prochází vzduch [m^2]
Δp	rozdíl tlaků [Pa]
L	tloušťka vzorku [m].

3.3 Parametry ovlivňující prodyšnost

Prodyšnost tkanin závisí na mnoha faktorech, počínaje geometrickými vlastnostmi, přes poróznost až po dostavu. Přehled parametrů ovlivňujících prodyšnost je zaměřen pouze na tkaniny, kterým bude věnována pozornost v experimentální části.

3.3.1 Vazba

Je definována jako systém provázání jedné či více soustav osnovních a útkových nití. Vazba tkaniny má částečný vliv na pevnost, pružnost, tuhost i omak a ovlivňuje vzhled, prodyšnost a další vlastnosti tkanin. Základní vazby tkanin jsou popsány v textu níže.

3.3.2 Plošná hmotnost

Jemnost plošných textilií je vyjádřena jako hmotnost na jednotku plochy.

Plošná hmotnost je pak dána vztahem:

$$\rho_s = \frac{m}{a \cdot b} = \frac{m}{S} \quad (4)$$

kde:

ρ_s	plošná hmotnost [kg/m ²]
m	hmotnost textilie [kg]
a	šířka vzorku [m]
b	délka vzorku [m]
S	plocha textilie [m ²].

3.3.3 Objemová měrná hmotnost

Objemová měrná hmotnost je hmotnost 1 m³ plošné textilie. Tato vlastnost určuje hustotu dané textilie, tedy kolik vzduchu se nachází mezi vlákny.

Je dána vztahem:

$$\rho_V = \frac{m}{V} = \frac{m}{S \cdot h} = \frac{\rho_s \cdot S}{h} \quad (5)$$

kde:

ρ_V	objemová měrná hmotnost [kg/m ³]
m	hmotnost plošné textilie [kg]
V	objem plošné textilie [m ³]
h	tloušťka vzorku [m].

3.3.4 Zakrytí

Plošné zakrytí tkanin je jednou ze základních užitných vlastností tkanin a úzce souvisí s prodyšností. Jedná se o bezrozměrný parametr. Je obecně charakterizováno jako plocha zakrytá nitěmi ku skutečné ploše tkaniny.

Důležitým parametrem pro stanovení zakrytí tkaniny je průměr osnovní d_o [m] a útkové d_u [m] nitě, protože tkanina tvořená zesilnějšími nitěmi může mít lepší zakrytí než stejná tkanina z jemnějších nití při stejné dostavě. Se zakrytím úzce souvisí i pórovitost [15].

Zakrytí je dáno vztahem [16]:

$$Z = d_o \cdot D_o + d_u \cdot D_u - d_o \cdot d_u \cdot D_o \cdot D_u \quad (6)$$

kde:

d_o průměr osnovní nitě [m]

d_u průměr útkové nitě [m]

D_o dostava osnovy [1/m]

D_u dostava útku [1/m].

3.3.5 Pórovitost

Za póry se obecně považují všechny prostory uvnitř textilie, které jsou za běžných podmínek vyplněny vzduchem. Pórovitost je vlastnost, která značně ovlivňuje fyziologicko – hygienické vlastnosti. Velikost pórů v textiliích, jejich četnost, uspořádání a tvar jsou rozhodujícími charakteristikami z hlediska propustnosti vzduchu.

Vyjadřuje se buď v procentech, nebo jako poměrné číslo v intervalu (0;1).

Je dána vztahem:

$$P = \frac{\rho - \rho_v}{\rho} \cdot 100 \quad (7)$$

kde:

P pórovitost textilie [%]

ρ hustota klimatizovaných vláken [kg/m^3]

ρ_v objemová měrná hmotnost textilie [kg/m^3].

3.3.6 Tloušťka

Tloušťkou rozumíme kolmou vzdálenost mezi rubem a lícem textilie. Pro měření tloušťky se používá tloušťkoměr a měření textilie je předepsáno normou za přesně stanovených podmínek. Naměřená hodnota závisí zejména na použité vazbě, dále také na dostavě tkaniny, průměru osnovních a útkových nití a použitém materiálu [12].

3.3.7 Dostava

Dostava tkaniny je definována jako počet nití jednoho směru na délku 1 m druhého směru.

Je dána vztahem:

$$D = \frac{n}{l} \quad (8)$$

kde:

D	dostava [počet nití/m]
n	počet nití
l	délka [m].

3.4 Přístroje pro měření prodyšnosti

Přístroje, které se používají pro měření prodyšnosti, umožňují proudění vzduchu skrz textilií. Výslednou prodyšnost lze poté vypočítat jako objem vzduchu, který prochází plochou za daný čas.

Měření v experimentální části probíhalo na přístroji FX 3300, za zmínku však jistě stojí i další přístroje, používané pro měření prodyšnosti.

3.4.1 Přístroj FX 3300

Na TUL je instalováno zařízení švýcarského výrobce FX 3300 Air Permeability Tester III. Tento přístroj je vyvinutý společností TexTest Instruments a slouží k jednoduchému, rychlému a přesnému určení prodyšnosti textilií. Používá se na všechny druhy textilních materiálů od hustých technických textilií až po netkané textilie. Přístroj je digitalizovaný, automatizovaný a vysoce výkonný. Je sestaven tak, aby byl vzduch z místnosti nasáván přes měřicí hlavici dovnitř přístroje. Senzory mají za úkol hlídat rozdíly mezi tlaky v okolí a uvnitř přístroje. Tyto rozdíly jsou udržovány automaticky na dané hodnotě, čímž je dosahováno požadovaného tlakového spádu. Kromě displeje je přístroj vybaven také otočným kolečkem, na kterém se zvolí rozsah průtokoměru. Jedná se o 8 poloh. Správnou volbu polohy je možné vidět na barevné stupnici, umístěné na desce přístroje. Tato stupnice disponuje řadou světel od červené přes žlutou až po zelenou a opět červenou. V zelené zóně je měření správné, nezatížené chybami. Přístroj FX 3300 je znázorněn na obr. 4 [17, 18].



Obr. 4 Přístroj FX 3300 na KHT.

3.4.2 Přístroj SDL M 021 S

Toto zařízení je instalováno na Technické univerzitě v Liberci na dvou katedrách. Jsou jimi Katedra Textilních materiálů a Katedra Oděvnictví. Měření spočívá v nasávání vzduchu skrz vzorek pomocí kompresoru. Objem průtoku vzduchu se následně odečítá na jednom ze čtyř průtokoměrů.

3.4.3 Přístroj METEFEM FF – 12/A

Zařízení FF – 12/A je na TUL instalováno na Katedře Textilních materiálů. Měření začíná upnutím vzorku do přístroje pomocí přitlačné čelisti. Přes vzorek je vzduch odsáván pomocí ventilátoru uvnitř přístroje. Vzduch následně prochází trubicí s rotametrem a tím dochází k měření průtoku vzduchu.

3.4.4 Přístroj KES – F8 – AP

Tento přístroj zatím není k dispozici na TUL. Je používán na univerzitě v Japonsku.

Měření odporu proudění vzduchu spočívá v poklesu tlaku ΔP . Vzduch zde prochází textilií při konstantní rychlosti a odpor textilie je vypočten z následujícího vztahu [17]:

$$R = \frac{\Delta P}{\frac{Q}{S}} \quad (9)$$

kde:

R	odpor proti proudění vzduchu [Pa.s/m]
ΔP	změna tlaku [Pa]
Q	průtok vzduchu [l/s]
S	plocha vzorku [m ²].

Prodyšnost je následně možné získat jako převrácenou hodnotu k odporu.

4. STANOVENÍ ODPORU TEXTILIÍ

Tato práce se zabývá především problematikou prodyšnosti a hydraulického odporu, se kterým se dále pracuje v experimentální části. Další typy odporu měřeny nebyly, proto jsou zmíněny jen krátce v následujícím textu.

4.1 Hydraulický odpor

Hodnota hydraulického odporu je, stejně tak jako hodnota prodyšnosti, závislá především na tlakovém spádu. Podle normy ČSN EN ISO [8] je měření prováděno při třech tlakových spádech, a to 100 Pa, 200 Pa a 500 Pa.

4.1.1 Výpočet hydraulického odporu

Hydraulický odpor se počítá podle následujícího vztahu:

$$R_H = \frac{\Delta P}{p} \quad (10)$$

kde:

R_H hydraulický odpor textilie [(Pa.s)/m]

ΔP tlakový spád [Pa]

p prodyšnost materiálu [m/s].

Jak lze odvodit ze vzorce, je hydraulický odpor zaveden jako převrácená hodnota prodyšnosti [17].

4.1.2 Tepelný odpor

Tepelný odpor představuje rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu, určený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Jedná se o suchý

tok tepla procházející materiálem. Je výsledkem přenosu tepla kondukcí, konvekcí a radiací.

Tepelný odpor má označení R_{ct} a nese jednotky $[m^2K/W]$ [19].

4.1.3 Výparný odpor

Výparný odpor představuje rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy po směru gradientu. Je výsledkem přenosu vodních par difuzí, sorpcí a kapilárně.

Výparný odpor má označení R_{et} s jednotkami $[m^2Pa/W]$ [19].

5. ZÁKLADNÍ VAZBY TKANIN

Tkanina je plošná textilie, která vzniká provázáním nejméně dvou soustav nití. Podélná soustava nití se nazývá osnova, příčná je útek.

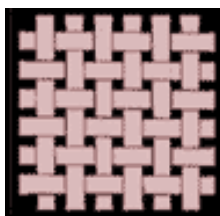
Místo, kde se kříží osnovní a útková nit, se nazývá vazný bod. Podle toho, která soustava nití se nachází nahoře, rozlišujeme osnovní a útkové vazné body. Počet osnovních a útkových vazných bodů, který se v dané tkanině opakuje, se nazývá střída vazby.

Základní vazby tkanin jsou:

- Plátnová vazba
- Keprová vazba
- Atlasová vazba.

5.1 Plátnová vazba

Jedná se o nejjednodušší a nejhustěji provázanou vazbu, kdy rub i líc jsou stejné (je oboustranná). Platí, že plátnová vazba je nejpevnější a nejtrvanlivější vazbou. Používá se tedy v odvětvích, kde je požadována vysoká pevnost a trvanlivost tkaniny (např. na ložní prádlo, košiloviny, kapesníky). Střída vazby je tvořena dvěma osnovními a dvěma útkovými nitěmi. U této vazby nezáleží na směru zákrutu nití v osnově a útku. Uspořádání v plátnové vazbě je možné vidět na obr. 5.



Obr. 5 Plátnová vazba [22].

Pro plátňovou vazbu se používá následující vzorec:

$$P = \frac{1}{\frac{1}{N_o} + \frac{1}{N_u}} \quad (11)$$

kde:

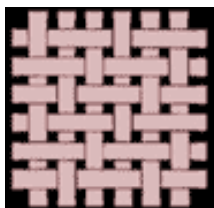
- P plátňová vazba
- N_o počet osnovních vazných bodů
- N_u počet útkových vazných bodů.

Číslo nad čarou zde určuje střídání osnovních bodů a číslo pod čarou střídání útkových bodů.

Aby bylo jasné rozložení osnovních a útkových nití, nepíší se čísla ve zlomku pod sebe, ale jsou posunutá [20, 21].

5.2 Keprová vazba

Keprové vazby mohou být buď osnovní nebo útkové, podle toho, které vazné body ve střídě převládají. Pro tuto vazbu je charakteristické šikmé diagonální řádkování v levém či pravém směru. Nejmenší střída vazby je tvořena třemi osnovními a třemi útkovými nitěmi. U této vazby již záleží na směru zákrutu nití v osnově a útku. Keprová vazba je používána především pro pracovní oděvy a džínsovinu (denim). Směr řádkování se značí buď písmeny, nebo šipkou. Uspořádání v keprové vazbě je možné vidět na obr. 6.



Obr. 6 Keprová vazba [22].

Vzorec pro keprovou vazbu je následující:

$$K \frac{N_o}{N_u} Z(S) \quad (12)$$

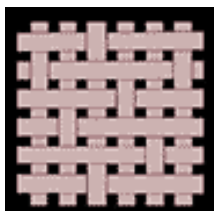
kde:

K	keprová vazba
N_o	počet osnovních vazných bodů
N_u	počet útkových vazných bodů
Z	směr řádkování doprava
S	směr řádkování doleva.

5.3 Atlasová vazba

Stejně jako keprová vazba může být osnovní či útková, podle toho, které vazné body ve střídě převládají. Vazné body jsou uspořádány tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Atlasová vazba je hladká s jemným šikmým řádkováním. Řádkování má různý úhel stoupání podle použitého postupného čísla. Postupné číslo určuje, na jaké osnovní niti je v následujícím řádku další vazný bod. Atlasová vazba se vyznačuje leskem, který je způsobený danou vazbou. Nejmenší a nejvíce používaná střída vazby je 5x5.

Pro své lesklé efekty se tato vazba používá nejčastěji pro výrazné vzorování například na kapesnících či brokátech. Atlasová vazba je znázorněna na obr. 7.



Obr. 7 Atlasová vazba [22].

Vzorec používaný pro atlasovou vazbu:

$$A \frac{N_o}{N_u} (P\check{C}) \quad (13)$$

kde:

- A atlasová vazba
- N_o počet osnovních vazných bodů
- N_u počet útkových vazných bodů
- $P\check{C}$ postupné číslo.

Určení postupného čísla:

- 1) nejmenší postupné číslo je 2
- 2) největší postupné číslo je o 2 menší než střída vazby
- 3) postupné číslo nesmí být obsaženo ve střídě vazby beze zbytku
- 4) postupné číslo nesmí být dělitelné číslem, které je ve střídě beze zbytku obsaženo
- 5) zvolené postupné číslo má odpovídat přibližně 1/3 nebo 2/3 čísla, které udává velikost střidy [21].

6. KOMFORT TEXTILÍ

Podle Hese [23]: „*Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat.*“

Komfort můžeme definovat mnoha způsoby. Je vnímán všemi lidskými smysly vyjma chuti. Komfort je možné definovat jako stav organismu, ve kterém nevnímáme žádné negativní vjemy. Lze ho také definovat jako absenci diskomfortu, při kterém mohou nastat například nepříjemné pocity chladu. Jednoduše lze říci, že komfort je pocit, kdy se v oděvu člověk cítí dobře a pohodlně. Komfort textilií úzce souvisí s prodyšností. Požadavky na komfort souvisí převážně s profesí, věkem či zdravotním stavem [11, 23].

Souvislostmi mezi prodyšností a komfortem se mimo jiné zabývá i A.V.Kulichenko. Ve své práci zmiňuje, že prodyšnost je jednou z nejdůležitějších vlastností textilních materiálů, která zajišťuje jejich komfort. U mnoha materiálů pro technické aplikace, jako jsou padáky či filtry, je tato vlastnost jednou z hlavních, která určuje jejich kvalitu.

Nicméně metody odhadující prodyšnost v mnoha případech zajišťují provedení testů pouze ve standardních klimatických podmínkách, které se mnohdy neshodují se skutečnými podmínkami použití a v konečném důsledku tak nemohou podávat spolehlivé výsledky. Takové výsledky jsou pak spolehlivé pouze pro standardní podmínky.

Výzkum prodyšnosti textilních materiálů začal na konci 19. století. V této době se využívaly experimentální metody pro odhad hygienicko – fyzikálních vlastností materiálů pro oblečení. Již v tomto období tedy Kulichenko poukazuje na úzkou souvislost mezi prodyšností a komfortem.

Další studie, týkající se prostupu skrz porézní médium, provedli D'Arcy, který zkoumal lineární závislost na tlakové ztrátě, a jeho následovník Rubner, který použil D'Arcyho zákon pro studii prodyšnosti materiálů. Arkhangel poté provedl nejucelenější studie prodyšnosti materiálů. Vyvětlil koeficient prodyšnosti a navrhl klasifikaci pro textilie založenou na jejich prodyšnosti [10].

6.1 Typy komfortu

Existují čtyři druhy komfortu, které dělíme z hlediska zkoumání na:

- psychologický
- patofyziologický
- termofyziologický
- sensorický.

6.1.1 Psychologický komfort

Psychologický komfort můžeme dělit podle různých hledisek. Patří sem ekonomické hledisko (které zahrnuje například technologickou úroveň), klimatické hledisko (vliv geografie), kulturní hledisko (ovlivněno náboženstvím a tradicemi), skupinová hlediska (móda, styl), a další. Každý jedinec vnímá tento druh komfortu individuálně, protože je závislý od věku jedince a prostředí, ve kterém žije apod [23, 24].

6.1.2 Patofyziologický komfort

Patofyziologický komfort souvisí s působením chemických látek obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyrobený, a zároveň souvisí s mikroorganismy, které se vyskytují na pokožce jako takové. Působení patofyziologických vlivů je závislé především na odolnosti daného jedince. Staří lidé nebo malé děti budou pravděpodobně citlivější na účinky chemických látek, které jsou v textiliích obsaženy. Chemické látky na oděvu mohou vyvolat různé druhy kožních onemocnění, souhrnně nazývaných dermatóza. Dermatóza může být způsobena buď drážděním, nebo alergií. V případě

dráždění se jedná zejména o působení solí či syntetických pracích prostředků. Dále mohou dráždění vyvolat například textilie, které obsahují hrubší vlákna. V případě alergií se bude jednat spíše o působení určitých barviv či pracích prostředků, na které je určitý jedinec citlivý. Důsledkem působení alergenů je ekzém [23].

6.1.3 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort úzce souvisí s termoregulací lidského organismu. Jedná se o stav, kdy nedochází k pocení, ani nenastává pocit chladu. V tomto stavu člověk dokáže pracovat neomezeně dlouho. Dá se tedy říci, že se jedná o stav psychologické, fyzikální a fyziologické harmonie mezi člověkem a jeho okolním prostředím. Termofyziologický komfort oděvů je charakterizován dvěma parametry. Jsou to tepelný a výparný odpor, přičemž výparný odpor hraje důležitou roli při odpařování potu z povrchu pokožky [23].

Termofyziologického komfortu lze docílit za těchto podmínek:

- relativní vlhkost vzduchu je $50 \pm 10 \%$
- teplota pokožky se pohybuje mezi 33-35 °C
- vzduch proudí rychlostí $25 \pm 10 \text{ cm/s}$
- pokožka je bez přítomnosti vody
- CO_2 s obsahem 0,07 %.

6.1.4 Senzorický komfort

Senzorický komfort lze definovat jako pocit člověka při přímém styku pokožky s první vrstvou oděvu. Takový pocit může být příjemný nebo naopak nepříjemný. Příjemné pocity mohou být vyvolány například jemností. Mezi nepříjemné pocity řadíme dráždění, jako je kousání, škrábání nebo pocit vlhkosti. Senzorické vlastnosti komfortu oděvu závisí především na typu látky, struktuře a konečných úpravách. Senzorický komfort dělíme na komfort nošení a omak [23, 24].

6.1.5 Komfort nošení

Senzorický komfort souvisí s komfortem fyziologickým hlavně z hlediska schopnosti textilií absorbovat vlhkost v kapalně či plynné podobě. Komfort nošení souvisí s povrchovou strukturou použitých textilií a s určitými mechanickými vlastnostmi, které ovlivňují rozložení tlaků a sil v oděvním systému [23, 24].

6.1.6 Omak

Jedná se o pocity vyvolané kontaktem pokožky s textilií. Existuje subjektivní a objektivní hodnocení omaku. Při subjektivním hodnocení jedinec seřadí textilie podle subjektivního kritéria hodnocení (seřazení od textilie s nejpříjemnějším omakem po textilie s omakem nejhorším). Subjektivní omak je souhrnem pocitů při dotyku. Souvisí s lidskými hmatovými pocity, které jsou šířeny nervovým systémem za pomoci různých typu receptorů [11]:

- Mechanoreceptory – tyto receptory jsou stimulované mechanicky
- Nocio receptory – stimulem těchto receptorů je bolest
- Termoreceptory – stimulovány teplotou.

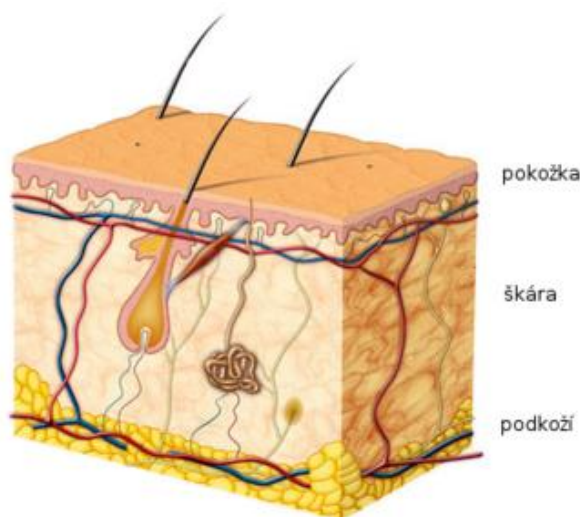
Receptory, které jsou stimulovány teplotou, jsou dále děleny na chladové a tepelné receptory. Tyto dva typy receptorů se nacházejí nejen v pokožce, ale také v centrální nervové soustavě a v cévách vnitřních orgánů. Teplové receptory vnímají zvýšení teploty nad normální úroveň, jedná se o teploty od 38 °C až do 43 °C. Chladové receptory naopak reagují na pokles teploty v oblasti pod 35 °C. Obecně je v kůži asi 8krát více chladových receptorů než tepelných. Nejvíce termoreceptorů se nachází na obličejí a hřbetu ruky, nejméně pak na kůži zad [23].

7. FUNKCE LIDSKÉ KŮŽE

Kůže je největším orgánem lidského těla a její plocha se liší podle velikosti člověka. U dospělého člověka dosahuje její plocha 1,6 – 1,8 m². Na celkové tělesné hmotnosti se kůže podílí přibližně 7 %. Tloušťka lidské kůže se pohybuje od 0,4 mm až do 4 mm. Nejtenčí je kůže na očních víčkách a na hlavě, naopak největší tloušťku má kůže v oblasti zad.

Lidská kůže slouží především pro vytvoření bariéry mezi organismem a vnějším prostředím. Jejím hlavním úkolem je obrana organismu před pronikáním mikroorganismů, nebezpečných látek a v neposlední řadě také chrání před působením škodlivého UV záření. Dále kůže funguje jako smyslový orgán. Je to dáno tím, že obsahuje velké množství receptorů, které reagují na teplo, chlad, bolest či tlak. Neméně důležitou je také funkce vylučovací. Pro lidské tělo je potřebné vyloučení nadbytku vody, solí, dusíkatých látek a oxidu uhličitého. To zajišťují potní a mazové žlázy. Kůže také plní funkci termoregulační, protože pomáhá pomocí kožních cév a potních žláz udržovat stálou teplotu těla [24, 25].

Průřez lidskou kůží je zobrazený na obr. 8.



Obr. 8 Průřez lidskou kůží [26].

7.1 Teplota lidské kůže

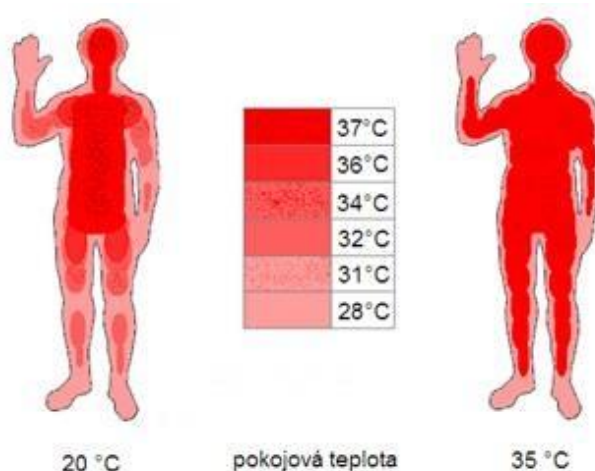
Teplota lidského těla se na různých místech liší a je závislá především na fyziologickém stavu těla a okolních podmínkách. Nejvyšší teplota se pohybuje kolem 37 °C a je udržována v jádru těla. Teplotu kolem 34 - 36 °C lze naměřit na nejlépe prokrvených částech těla, jako jsou břicho či prsa. Naopak na končetinách se teplota pokožky pohybuje jen v rozmezí 29 – 31 °C. Mezi nejchladnější části těla patří nejméně prokrvované oblasti, jako jsou ušní lalůčky nebo špičky prstů. Obecně se člověk cítí dobře v případě, kdy se teplota pokožky pohybuje mezi 32 - 34 °C [23].

Teplota těla je ovlivněna několika faktory:

- Doba – v noci je tělesná teplota nižší než ve dne
- Tělesná aktivita – při sportu nebo těžké práci dochází k zahřívání organismu
- Extrémní činnosti – například tvorba adrenalinu
- Nemoci – proti infekcím se tělo brání horečkou, apod. [24].

Známé jsou dva stavy, při kterých se tělesná teplota buď znatelně zvyšuje, nebo snižuje. V případě, že se teplota zvyšuje, hovoříme o hypertermii, která může vyústit ve vážné zdravotní problémy od křečí až po srdeční zástavu. K hypertermii dochází při zvýšené pracovní činnosti, dlouhém pobytu na slunci a podobně. V opačném případě se jedná o hypotermii, kdy organismus ztrácí více tepla, než je schopný sám vyprodukovat. I tento případ je velice závažný, protože v případě, že teplota jádra klesne pod 30 °C, upadá člověk do bezvědomí [27, 28].

Na obr. 9 jsou zobrazeny teplotní zóny lidského těla.



Obr. 9 Teplotní zóny lidského těla [29].

7.2 Termoregulace lidského těla

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, termoregulací se rozumí schopnost lidského těla udržet si stálou teplotu nezávisle na teplotě okolí. Jedná se o proces, který slučuje fyziologické pochody, udržující tělesnou teplotu na určité hodnotě. Regulátorem teploty těla je specifická část mozku, nazývaná hypotalamus.

Rozlišujeme dva typy termoregulace, a to chemickou a fyzikální. Chemickou termoregulací rozumíme tvorbu tepla, která úzce souvisí s fyzickou zátěží organismu. Při fyzikální termoregulaci naopak dochází k výdeji tepla [23].

PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část je věnována měření prodyšnosti vybraných vzorků tkanin. Měření proběhne na 27 rozdílných vzorcích ve třech základních vazbách. Byly vybrány vzorky polyesteru, polypropylenu a lyocelu v plátňové, keprové a atlasové vazbě. Měření proběhne na přístroji Air Permeability Tester FX 3300, který je umístěn na Katedře hodnocení textilií.

Hlavním cílem práce je především zjistit vliv použitých materiálů na prodyšnost a hydraulický odpor. Dalším cílem je také sledovat vliv použitých vazeb tkaniny na prodyšnost.

Zjištěné údaje budou následně znázorněny v tabulkách a grafech. V závěru práce pak budou uvedeny výsledky měření spolu s popisem grafů.

8. CHARAKTERISTIKA ZKOUŠENÝCH VZORKŮ

Pro měření bylo k dispozici celkem 27 vzorků tkanin s rozdílnou dostavou, které byly vyrobeny ze tří různých materiálů ve třech základních vazbách.

8.1 Polypropylen

Jedná se o vlákno ze syntetického polymeru, které se vyrábí zvlákňováním taveniny a následným dloužením. Většinou mají tato vlákna kruhový průřez. Patří mezi nejlevnější chemická vlákna. Hustota polypropylenu je 910 kg/m^3 . Pro polypropylen se používá zkratka PP.

Je používán především pro technické účely (podkladové tkaniny, netkané textilie), bytové textilie (koberce) a sportovní oděvy [30, 31].

Vlastnosti:

- nízká měrná hmotnost
- dlouhá trvanlivost
- pružnost
- chemická odolnost
- dobrá pevnost v oděru
- nízká sorpce
- špatné zotavovací schopnosti.

Následující tabulka znázorňuje parametry použitého polypropylenu.

Tabulka 1 Parametry měřeného polypropylenu

Číslo vzorku	Dostava osnovy [počet nití/cm]	Dostava útku [počet nití/cm]	Vazba	Plošná hmotnost [g/m ²]
1	18	11	Plátno	175
2	18	13	Plátno	195
3	18	15	Plátno	200
4	27	9	Kepr 3/1	188
5	27	12	Kepr 3/1	225
6	27	15	Kepr 3/1	230
7	36	11	Atlas 5/1	260
8	36	14	Atlas 5/1	270
9	36	17	Atlas 5/1	300

8.2 Polyester

Stejně jako polypropylen je i polyester vlákno ze syntetického polymeru. Vyrábí se ve formě nekonečných vláken. Polyesterová vlákna patří mezi nejvíce rozšířená a nejčastěji používaná vlákna, a to jak ve světové produkci syntetických vláken, tak i v textilním průmyslu obecně. Hustota polyesteru je 1360 kg/m³. Zkratka polyesteru je PL.

Má široké využití téměř ve všech typech textilních a technických výrobků. Z důvodu narůstajících požadavků na oděvy tak vznikají různé fyzikální či chemické modifikace [32].

Vlastnosti:

- dobrá pevnost, odolnost vůči oděru
- vysoká tažnost
- nízká mačkavost

- snadná údržba
- odolnost vůči chemikáliím
- žmolkovitost
- nízká sorpce
- výskyt elektrostatického náboje

V následující tabulce jsou popsány parametry měřeného polyesteru.

Tabulka 2 Parametry měřeného polyesteru

Číslo vzorku	Dostava osnovy [počet nití/cm]	Dostava útku [počet nití/cm]	Vazba	Plošná hmotnost [g/m ²]
10	18	12	Plátno	175
11	18	14	Plátno	190
12	18	16	Plátno	195
13	27	11,5	Kepr 3/1	220
14	27	14,5	Kepr 3/1	240
15	27	17,5	Kepr 3/1	250
16	36	13,5	Atlas 5/1	280
17	36	16,5	Atlas 5/1	285
18	36	19,5	Atlas 5/1	300

8.3 Lyocel

Lyocel, jehož obchodní název je Tencel, někdy také nazývaný jako vlákno nové generace, je vyráběný metodou, která je šetrná k životnímu prostředí. Jedná se o viskózní vlákna, vyrobená zvlákněním v rozpouštědle. Základní surovinou je celulóza, obsažená v buničině listnatých stromů. Označení vlákno nové generace získal Lyocel pravděpodobně proto, že jeho vlákno je ekologicky šetrné a výrobky z něj mohou být recyklovány. Hustota lyocelu je přibližně 1520 kg/m³. Zkratka pro lyocel je LY.

Používá se pro průmyslové účely (lana, pásy), ve zdravotnictví (obvazy), při výrobě bytových textilií (prostěradla, polštáře) či v oděvnictví [33, 34].

Vlastnosti:

- pevnost za sucha i mokra
- biologická rozložitelnost
- savost
- udržení optimální vlhkosti a tím dosažení komfortu v odvádění vlhkosti
- žmolkovitost
- nízká odolnost vůči kyselinám

Tabulka 3 znázorňuje parametry měřeného lyocelu.

Tabulka 3 Parametry měřeného lyocelu

Číslo vzorku	Dostava osnovy [počet nití/cm]	Dostava útku [počet nití/cm]	Vazba	Plošná hmotnost [g/m ²]
19	18	13	Plátno	170
20	18	15	Plátno	170
21	18	17	Plátno	170
22	27	14	Kepr 3/1	195
23	27	17	Kepr 3/1	230
24	27	20	Kepr 3/1	240
25	36	16	Atlas 5/1	230
26	36	19	Atlas 5/1	250
27	36	22	Atlas 5/1	270

9. Přístroj FX 3300

9.1 Podmínky měření

Podmínky měření na přístroji FX 3300 se liší pro oděvní textilie a technické textilie. Tyto podmínky jsou však pouze doporučené a je možné zvolit alternativní měřicí plochu a tlakový spád. Velikost měřeného vzorku však musí být vždy větší než je upínací plocha přístroje.

Pro oděvní textilie:	měřená plocha 20 cm^2 tlakový spád 100 Pa.
----------------------	--

Pro technické textilie:	měřená plocha 20 cm^2 tlakový spád 200 Pa.
-------------------------	--

9.2 Postup zkoušky

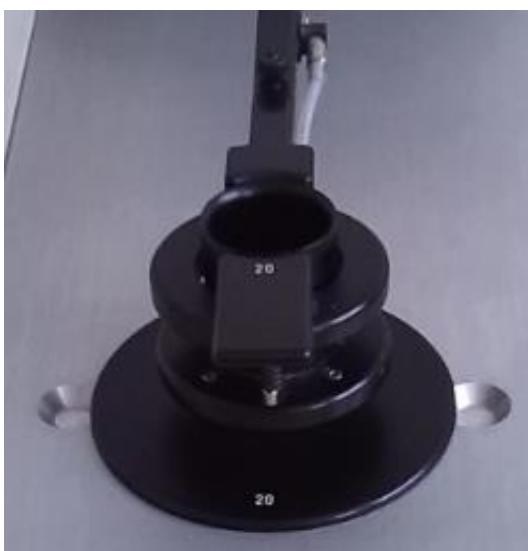
Nejprve je nutné zvolit si měřenou plochu. Následně je na ovladači vybrán požadovaný tlakový rozdíl. Přístroj také nabízí širokou škálu jednotek měření. Podle normy ČSN EN ISO [8] jsou doporučené jednotky [mm/s].

Po zapnutí hlavním vypínačem je nutné počkat asi 10 sekund, po kterých je přístroj připraven k použití. Následně dojde k upnutí vzorku přes měřicí hlavu. Při upínání vzorku je nutné vyhnout se švům a záhybům a dbát na to, aby vzorek nebyl na měřené ploše poškozený či pomačkaný. Po zmáčknutí upínacího ramene směrem dolů na podložku dojde automaticky k proudění vzduchu. Otočným kolečkem je zvolen rozsah měření tak, aby se barevné světlo ustálilo v zelené zóně. Pokud se světlo ustálí ve žluté zóně, může být výsledek zkoušky nepřesný. V červených zónách je pak výsledek měření chybný, tudíž nelze brát tento výsledek v potaz. Poté, co se světlo ustálí v zelené zóně, je možné výsledek zaznamenat. Uvolněním upínacího ramene je měřicí hlava zvednuta a dojde tak k ukončení zkoušky, a tedy i přerušení proudění vzduchu [18].

9.3 Výhody přístroje FX 3300

Největší výhodou přístroje je pravděpodobně umístění hlavice na dlouhém rameni, což umožňuje snadné vkládání vzorků, aniž by docházelo k jejich poškození. Měřená textilie se vkládá do přístroje vcelku, není tedy nutné oddělovat vzorek se speciálními rozměry, jako je tomu u jiných přístrojů. Jedná se tak o nedestruktivní metodu měření prodyšnosti. Další výhodou je digitalizace přístroje, díky které nevzniká například chyba špatného odečtu hodnot ze stupnice. Poslední, ale neméně důležitou výhodou, je také rychlost měření. Výsledek se již během několika minut zobrazí na digitálním displeji, a to i v požadovaných jednotkách.

Přítlačná hlava přístroje FX 3300 je znázorněna na obr. 10.



Obr. 10 Přítlačná hlava FX 3300.

10. POSTUP MĚŘENÍ

Každý vzorek byl proměřen při různých hodnotách tlakového spádu, konkrétně 50 Pa, 100 Pa, 150 Pa, 200 Pa, 300 Pa, 400 Pa, 500 Pa, 1000 Pa, 1500 Pa, 2000 Pa a 2500 Pa. Při každé hodnotě byly vzorky 5x přeměřovány, aby bylo dosaženo co nejpřesnějších výsledků. Měření probíhalo v jednotkách daných normou, tedy [mm/s].

Pro zajištění co nejshodnějších laboratorních podmínek bylo nutné měření uskutečnit v co nejkratší době, v tomto případě během dvou po sobě následujících dnů.

Díky rychlosti přístroje trvalo kompletní proměření jednoho vzorku pouhých 30 – 40 minut. Interval měření jednoho vzorku byl 5 – 7 sekund.

Měření probíhalo na již zmiňovaném přístroji FX 3300 Air Permeability Tester III, který je instalován na KHT.

Vzorky byly měřeny za klimatických podmínek:

$t = 22 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$... teplota okolí

$\Phi = 38 \pm 2 \text{ } \%$... relativní vlhkost okolí.

11. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Grafy v této části práce zobrazují závislost tlakového spádu na naměřených hodnotách prodyšnosti a hydraulického odporu. Grafy zobrazují výsledky měření jak z hlediska materiálového složení, tak z hlediska konstrukce textilie. Výsledky z hlediska materiálového složení jsou rozděleny podle vazeb a v každém jsou znázorněny naměřené hodnoty polypropylenu, polyesteru a lyocelu. Každá vazba je následně rozdělena na dílčí grafy, od nejnižší po nejvyšší dostavu. Z hlediska vlivu konstrukce textilie na prodyšnost jsou pak grafy zobrazeny zvlášť pro každý materiál.

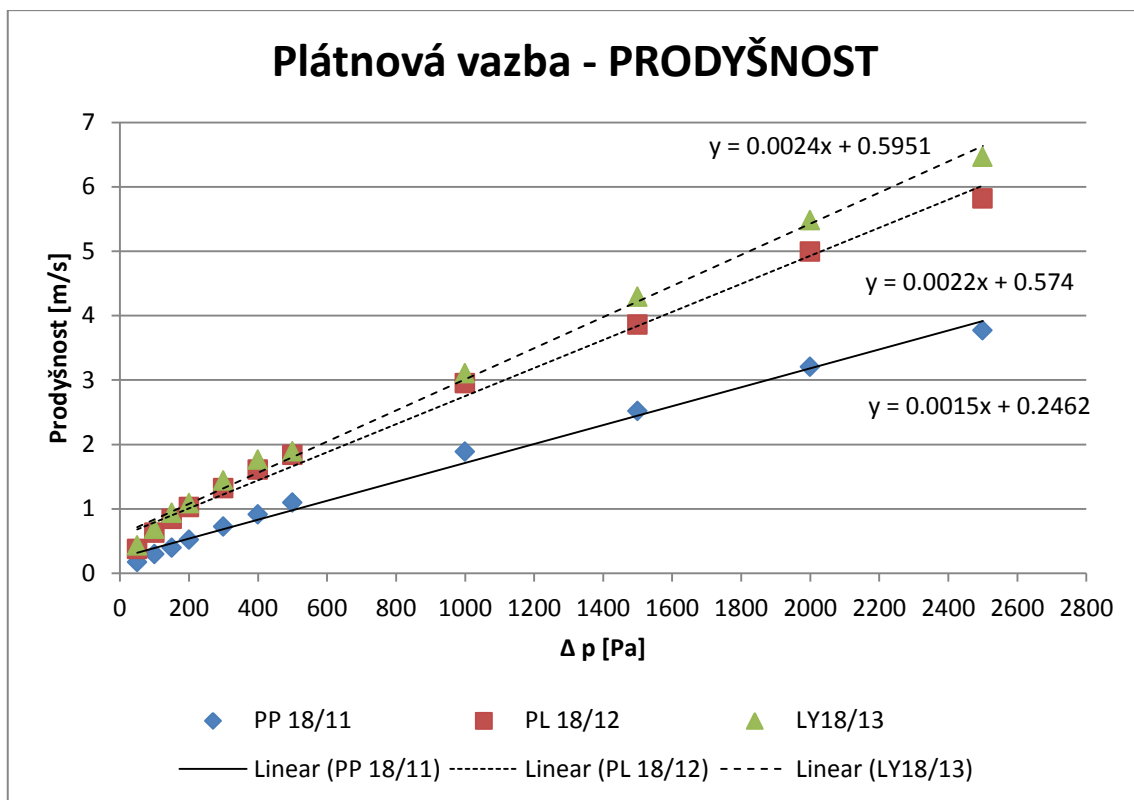
Následující grafy znázorňují závislost prodyšnosti a hydraulického odporu na použitém tlakovém spádu. Je nutné zmínit, že bez znalosti daného tlakového spádu nemají hodnota prodyšnosti ani hydraulického odporu význam.

11.1 Vliv z hlediska materiálového složení

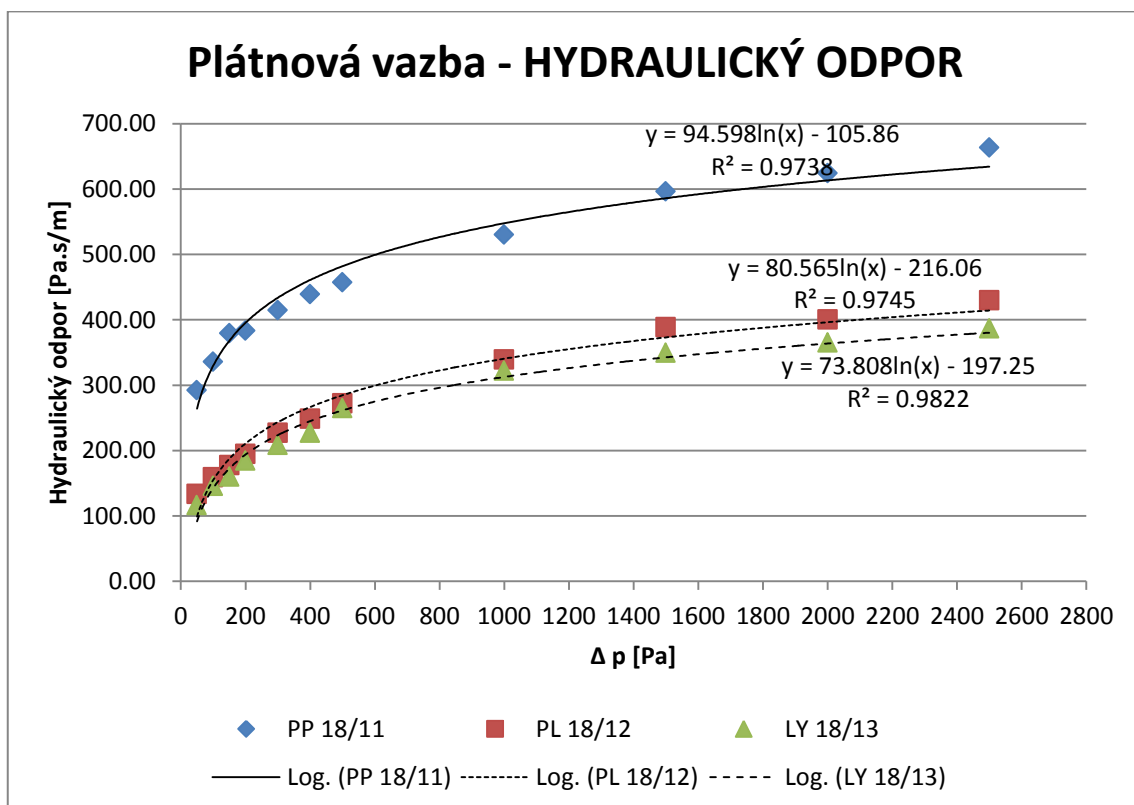
Grafy v této části zobrazují výsledky měření podle jednotlivých vazeb textilií.

11.1.1 Plátňová vazba výsledky

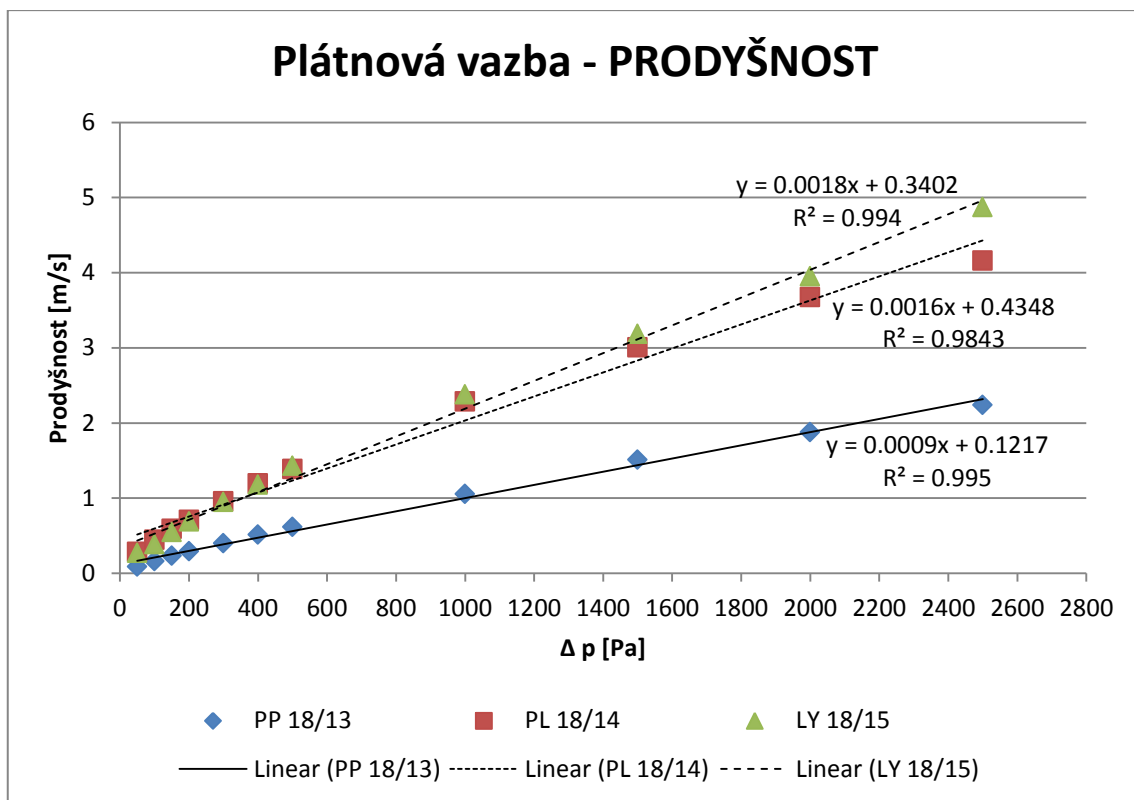
Jak bylo popsáno již výše, plátňová vazba je nejjednodušší a nejhustěji provázaná vazba. Výsledky měření v této vazbě jsou uvedeny v následujících grafech.



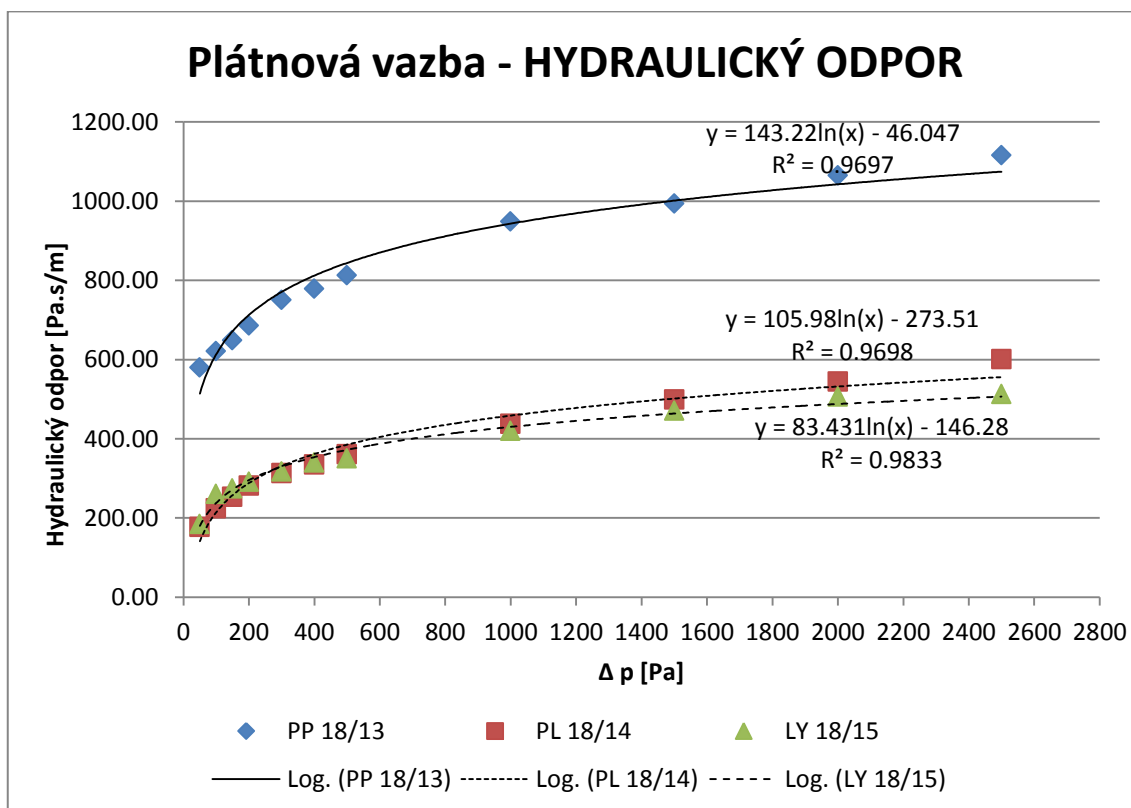
Obr. 11 Graf prodyšnosti u plátnové vazby s nejmenší dostavou.



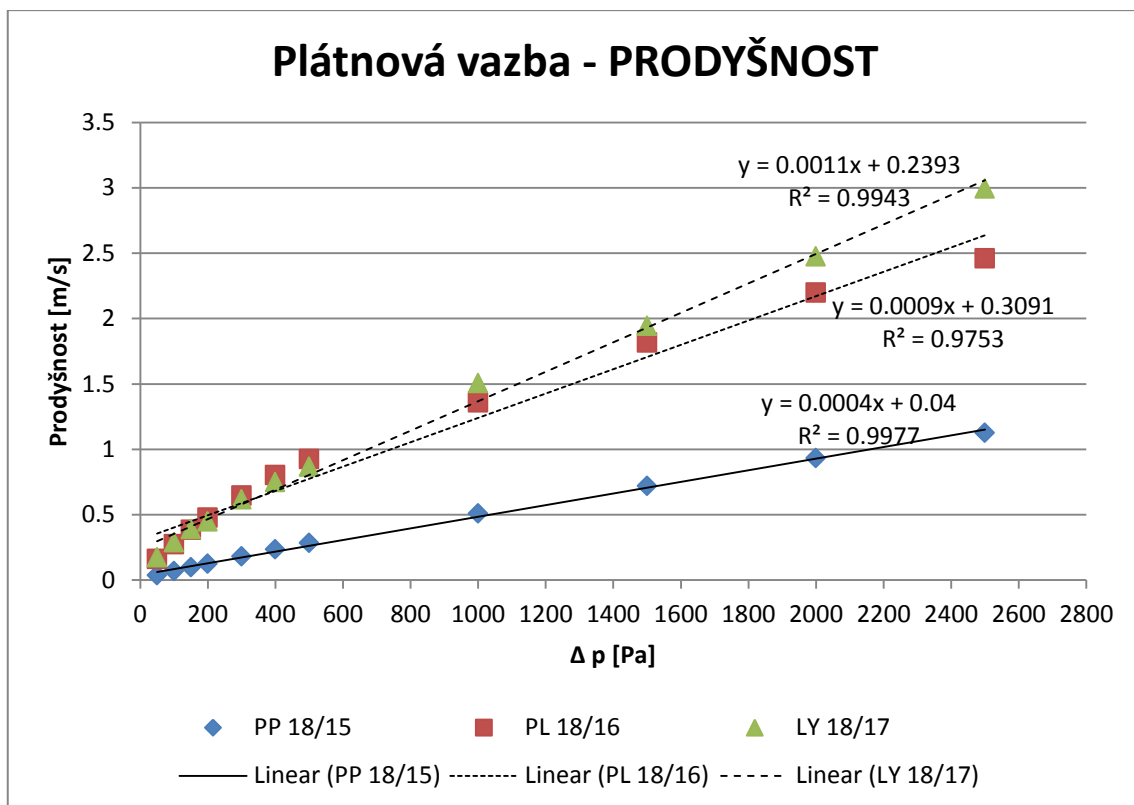
Obr. 12 Graf hydraulického odporu u plátnové vazby s nejmenší dostavou.



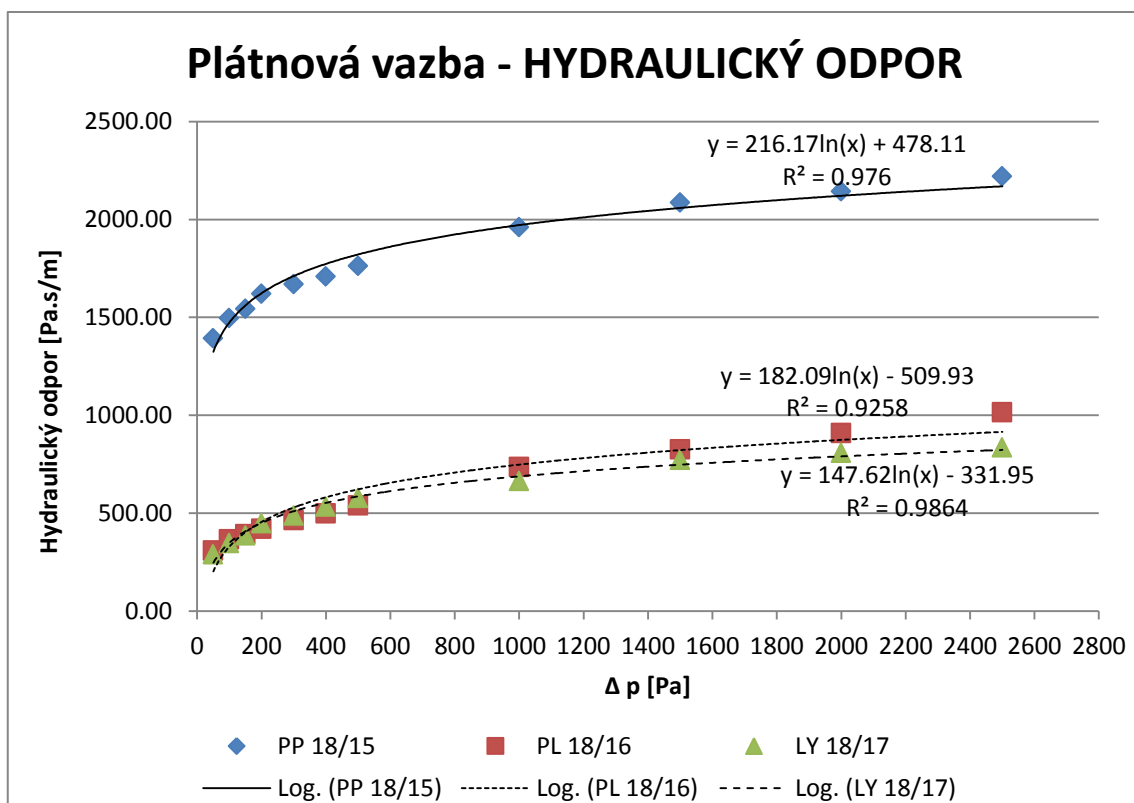
Obr. 13 Graf prodyšnosti u plátňové vazby se střední dostavou.



Obr. 14 Graf hydraulického odporu u plátňové vazby se střední dostavou.



Obr. 15 Graf prodyšnosti u plátňové vazby s největší dostavou.



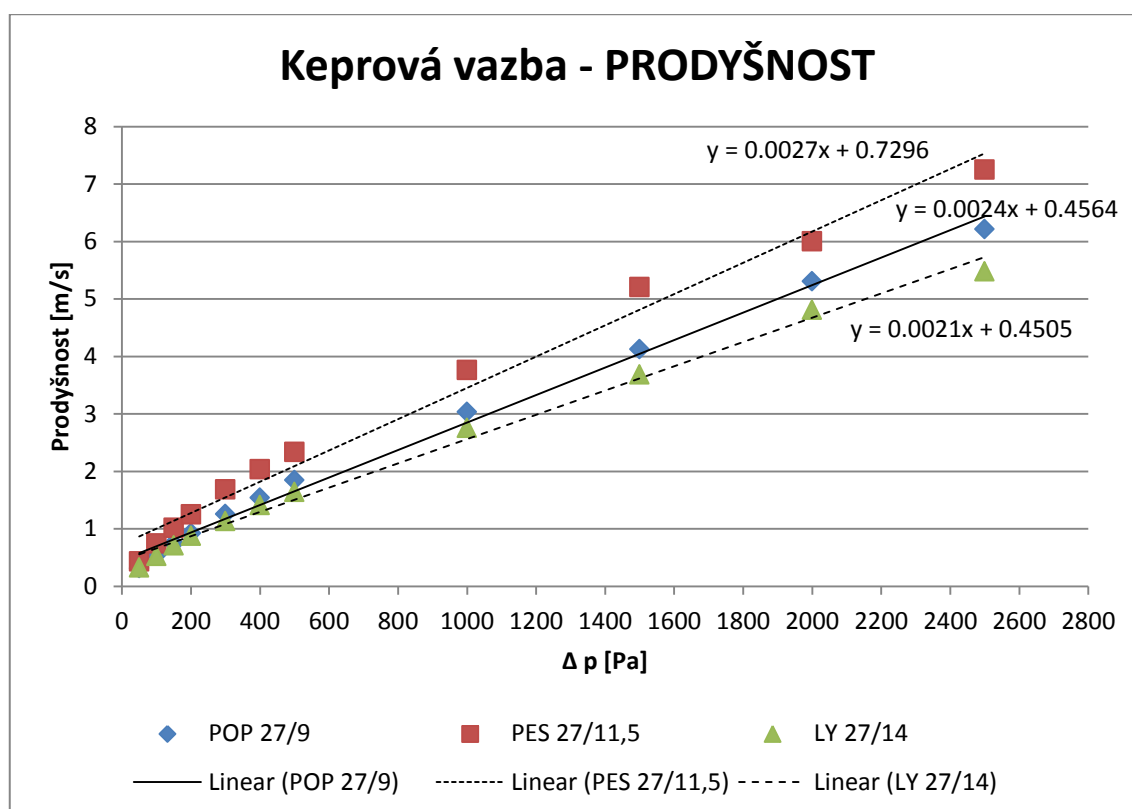
Obr. 16 Graf hydraulického odporu u plátňové vazby s největší dostavou.

11.1.2 Plátnová vazba zhodnocení

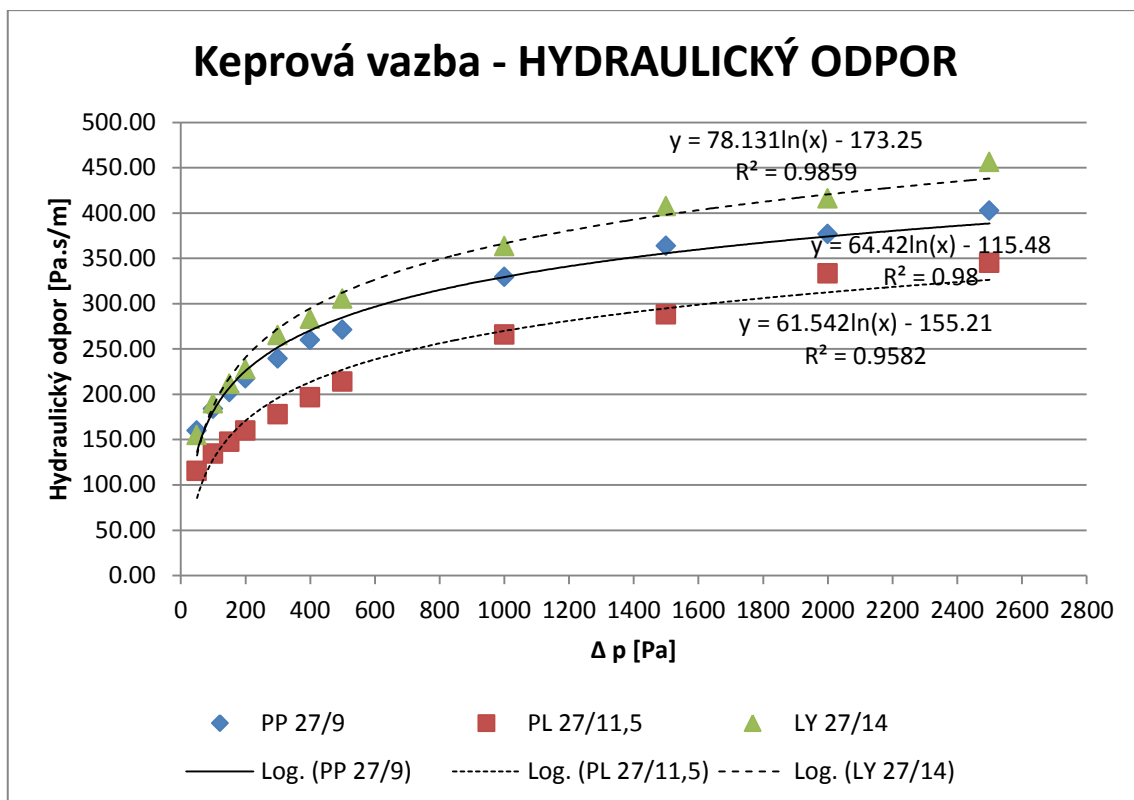
Z uvedených grafů je patrné, že nejnižší prodyšnost vykazuje po celou dobu měření polypropylen. To je způsobeno pravděpodobně tím, že polypropylenové vzorky mají o cca 30 – 40 % nižší hustotu vláken než polyester a lyocel. Z toho vyplývá, že mají největší průměr vláken. Z uvedené tabulky je také patrné, že mají i největší plošnou hmotnost. Nicméně v tomto případě pravděpodobně hraje roli pouze hustota, protože plošná hmotnost není výrazně vyšší než například u polyesteru. Hodnoty prodyšnosti u polyesteru a lyocelu se příliš neliší. Je to dáno opět hustotou, protože hustota lyocelu je pouze o cca 10 % větší než u polyesteru. Lyocel má tedy lepší prodyšnost než polyester. Z grafů je to viditelné zejména při vyšších tlakových spádech od 500 Pa.

Vzhledem k tomu, že hydraulický odpor je zaveden jako převrácená hodnota k prodyšnosti, je z grafů patrné, že polypropylen, který vykazoval nejnižší hodnoty prodyšnosti, bude mít nejvyšší hodnoty hydraulického odporu. Stejně tak naměřené hodnoty polyesteru a lyocelu se příliš neliší. Až při tlakovém spádu 500 Pa dochází k oddělení hodnot a lyocel zde dosahuje nejnižších hodnot hydraulického odporu.

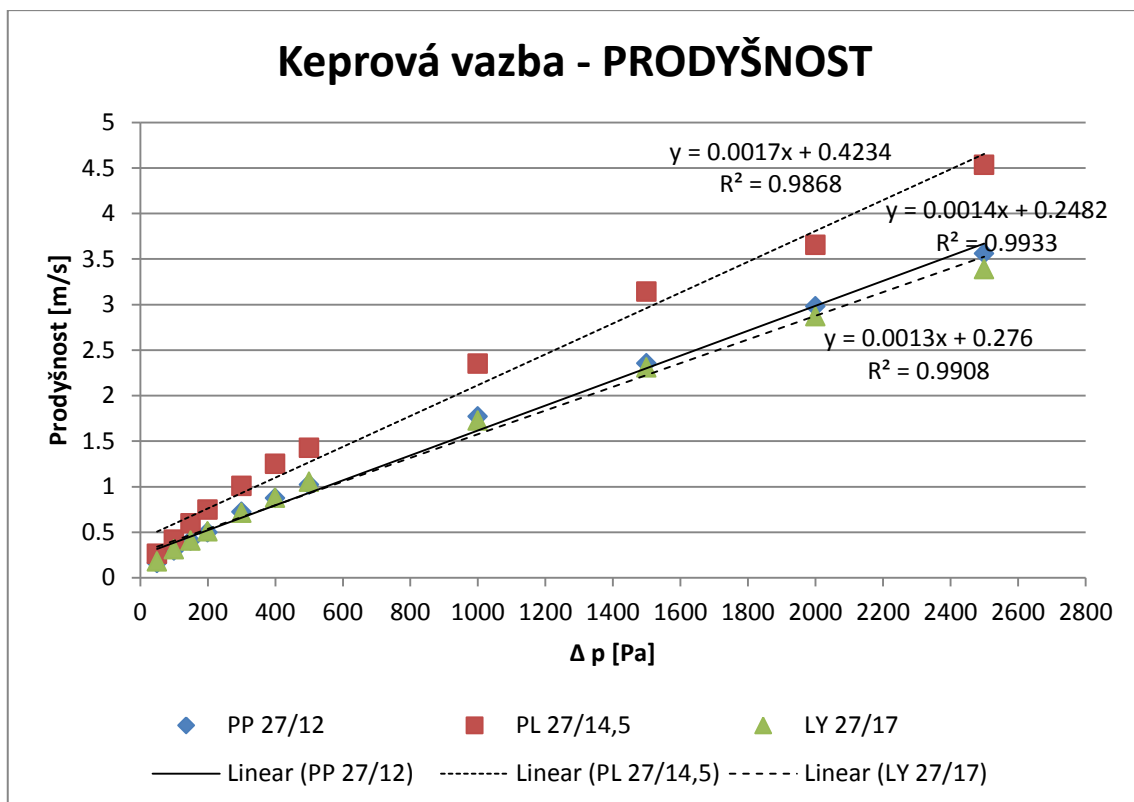
11.1.3 Keprová vazba výsledky



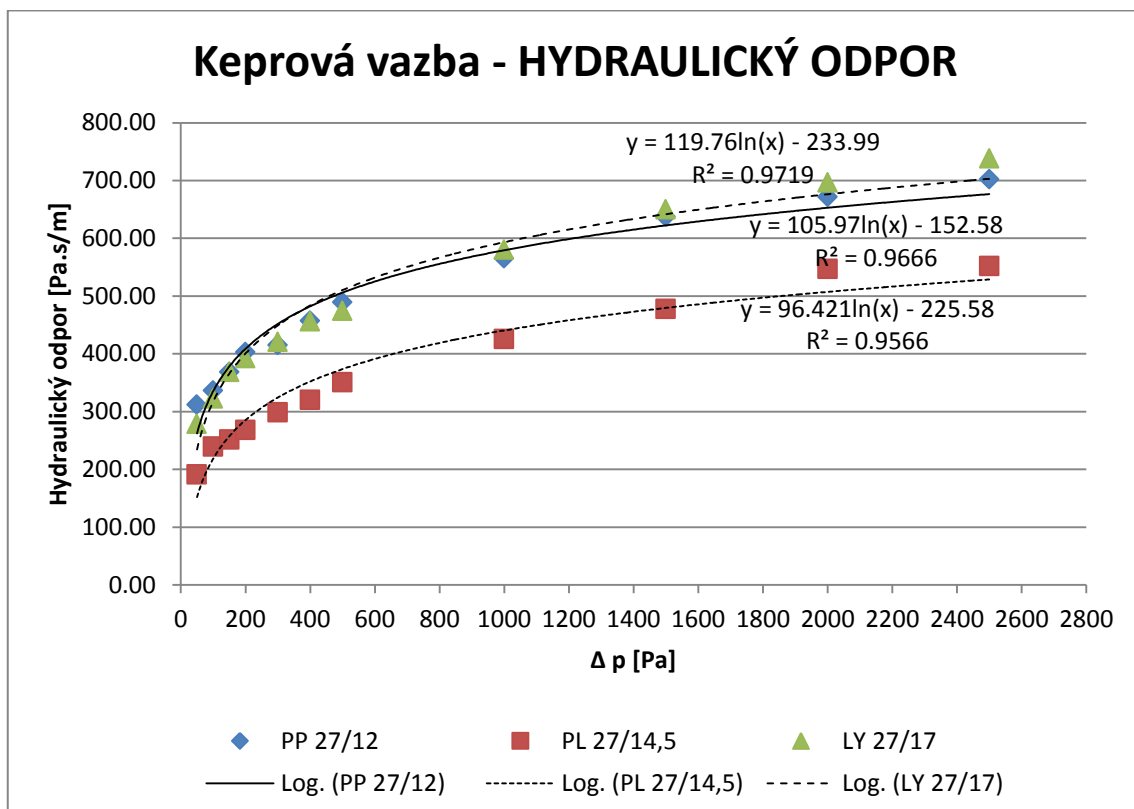
Obr. 17 Graf prodyšnosti u keprové vazby s nejmenší dostavou.



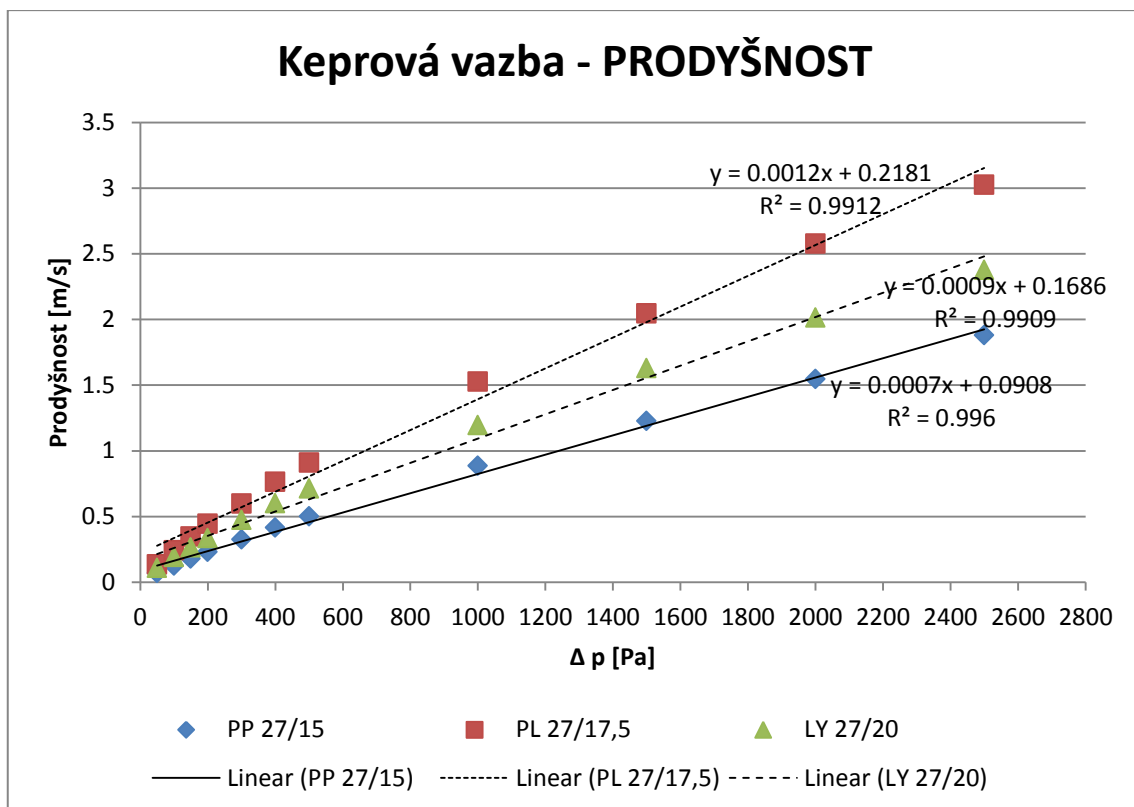
Obr. 18 Graf hydraulického odporu u keprové vazby s nejmenší dostavou.



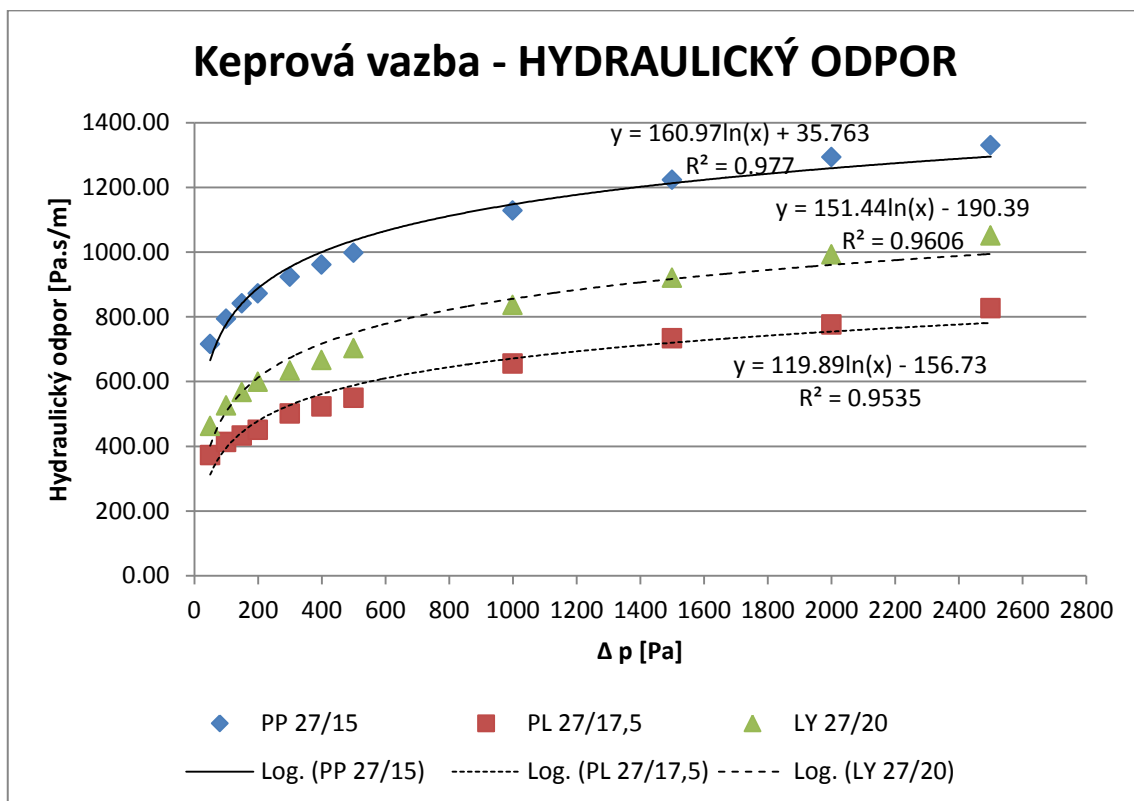
Obr. 19 Graf prodyšnosti u keprvé vazby se střední dostavou.



Obr. 20 Graf hydraulického odporu u keprvé vazby se střední dostavou.



Obr. 21 Graf prodyšnosti u keprové vazby s největší dostavou.



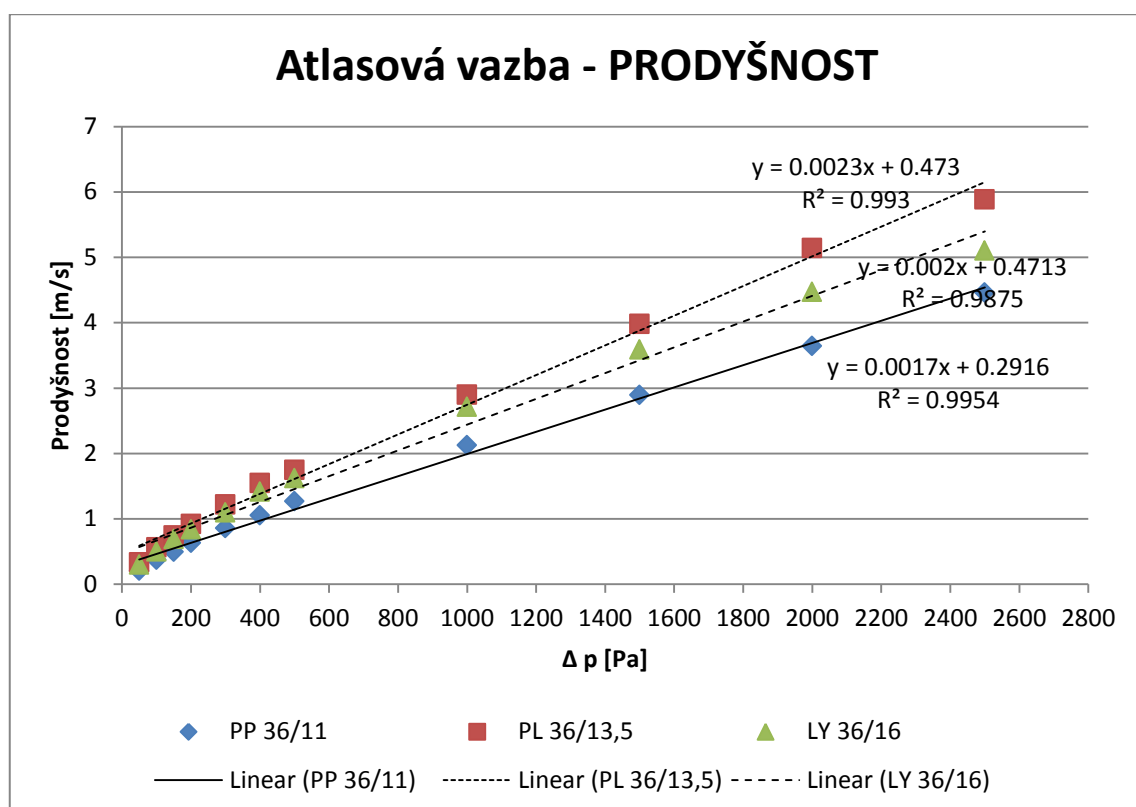
Obr. 22 Graf hydraulického odporu u keprové vazby s největší dostavou.

11.1.4 Keprová vazba zhodnocení

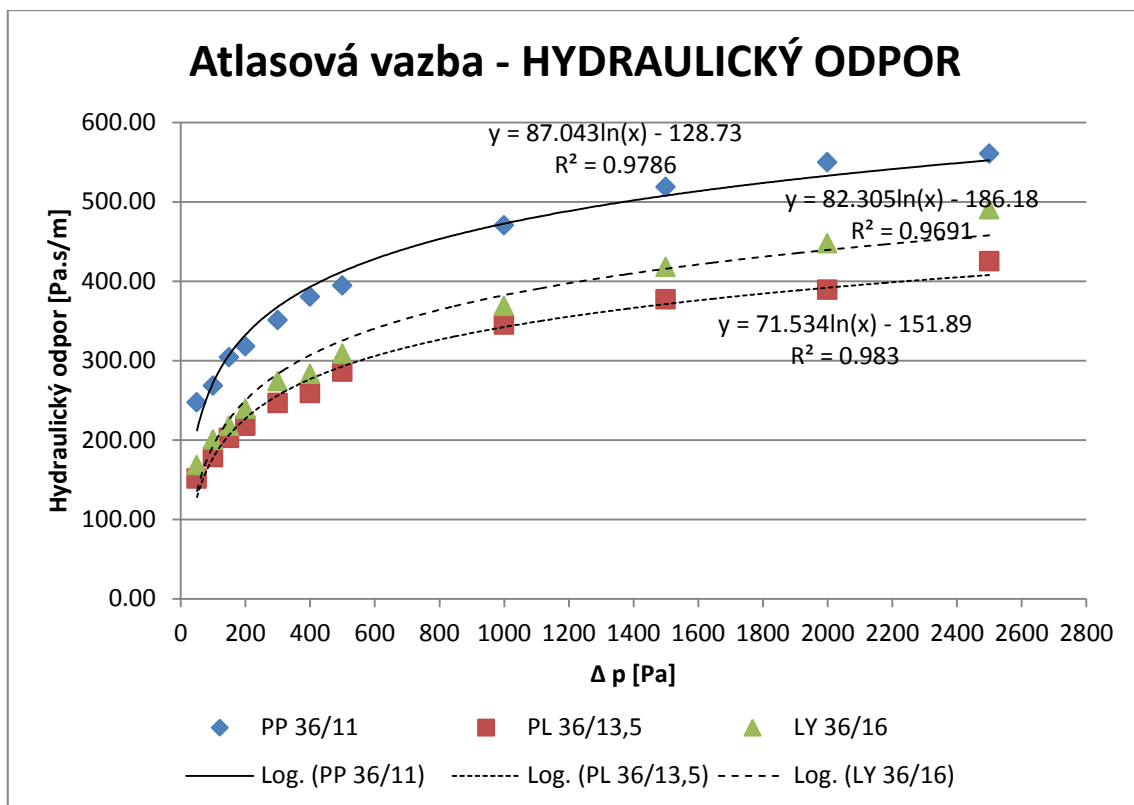
U keprové vazby pozorujeme určité změny oproti vazbě plátňové. Nejvyšší prodyšnost zde ve všech dostavách vykazuje polyester, který má také nejvyšší hodnotu plošné hmotnosti. Zatímco u plátňové vazby měl polypropylen nejnížší hodnotu prodyšnosti, v případě nejmenší a střední dostavy u keprové vazby tomu tak je u lyocelu. V prvním případě je tento rozdíl lépe znatelný. Může to být dané tím, že polypropylen má sice nižší hustotu, a tedy větší průřez vláken, ale oproti plátňové vazbě má nejnížší hodnoty plošné hmotnosti. Tím může být způsobena v prvním případě lepší prodyšnost polypropylenu oproti lyocelu. V případě střední dostavy se naměřené hodnoty lyocelu a polypropylenu přibližují a je možné si všimnout, že i plošné hmotnosti jsou u těchto vzorků podobné. Křivky se u střední dostavy téměř překrývají a k oddělení křivek pak dochází až v bodě, kdy tlakový spád dosahuje hodnoty 500 Pa. V posledním případě má již hodnotu nejnížší prodyšnosti opět polypropylen a stejně jako u plátňové vazby bude hrát v tomto případě roli hustota.

Hodnoty hydraulického odporu opět kopírují převrácené hodnoty prodyšnosti. Z uvedených grafů tak vyplývá, že polyester, který měl ve všech dostavách nejvyšší hodnotu prodyšnosti, má nyní nejnížší hodnoty hydraulického odporu. U vzorků s nejnížší dostavou jsou hodnoty odporu u lyocelu a polypropylenu u tlakových spádů do 200 Pa srovnatelné. Od této hranice se hodnota odporu u lyocelu se zvyšujícím se tlakovým spádem více liší od polypropylenu. V případě střední dostavy vzorků se hodnoty odporů u lyocelu a polypropylenu zpočátku liší a polypropylen má vyšší hodnotu hydraulického odporu. To platí až do tlakového spádu 150 Pa. Od této hodnoty až do tlakového spádu asi 500 Pa jsou hodnoty srovnatelné. Od tlakového spádu 500 Pa dochází k naměření vyšších hodnot hydraulického odporu u lyocelu. U keprové vazby se střední dostavou jsou tak naměřené hodnoty velmi závislé na daném tlakovém spádu. V případě vzorků s nejvyšší dostavou má jednoznačně nejvyšší hydraulický odpor polypropylen.

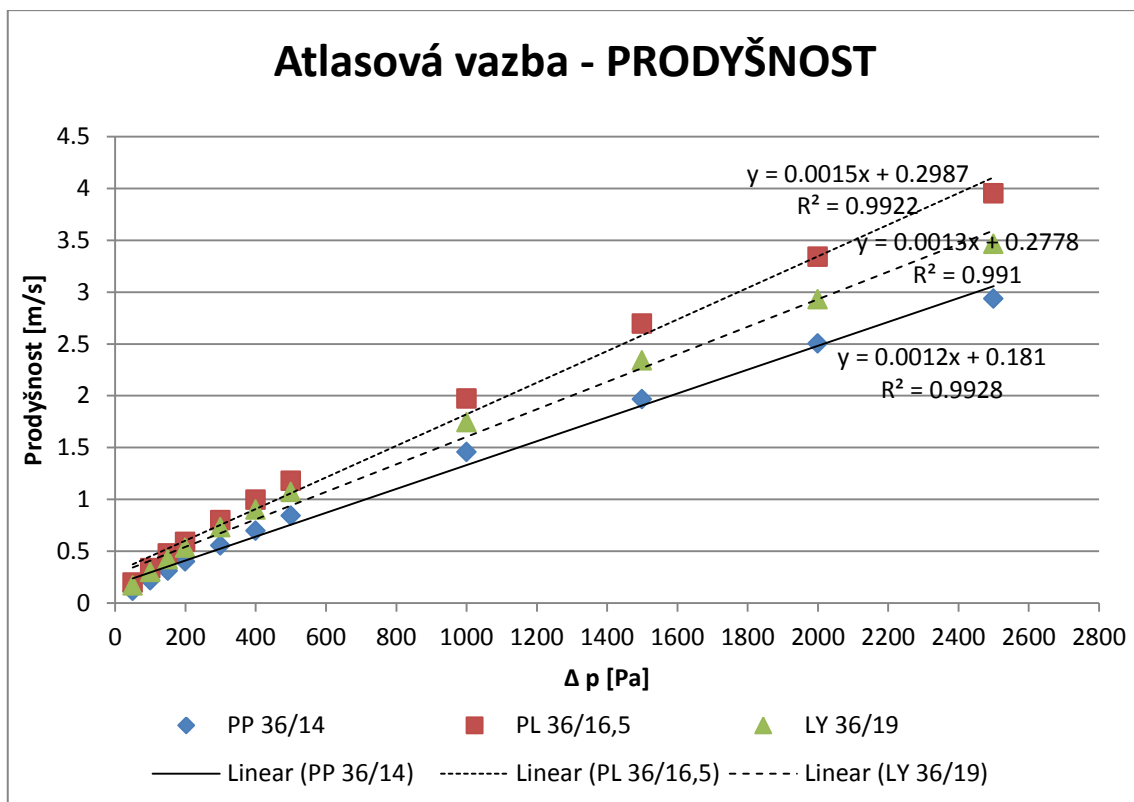
11.1.5 Atlasová vazby výsledky



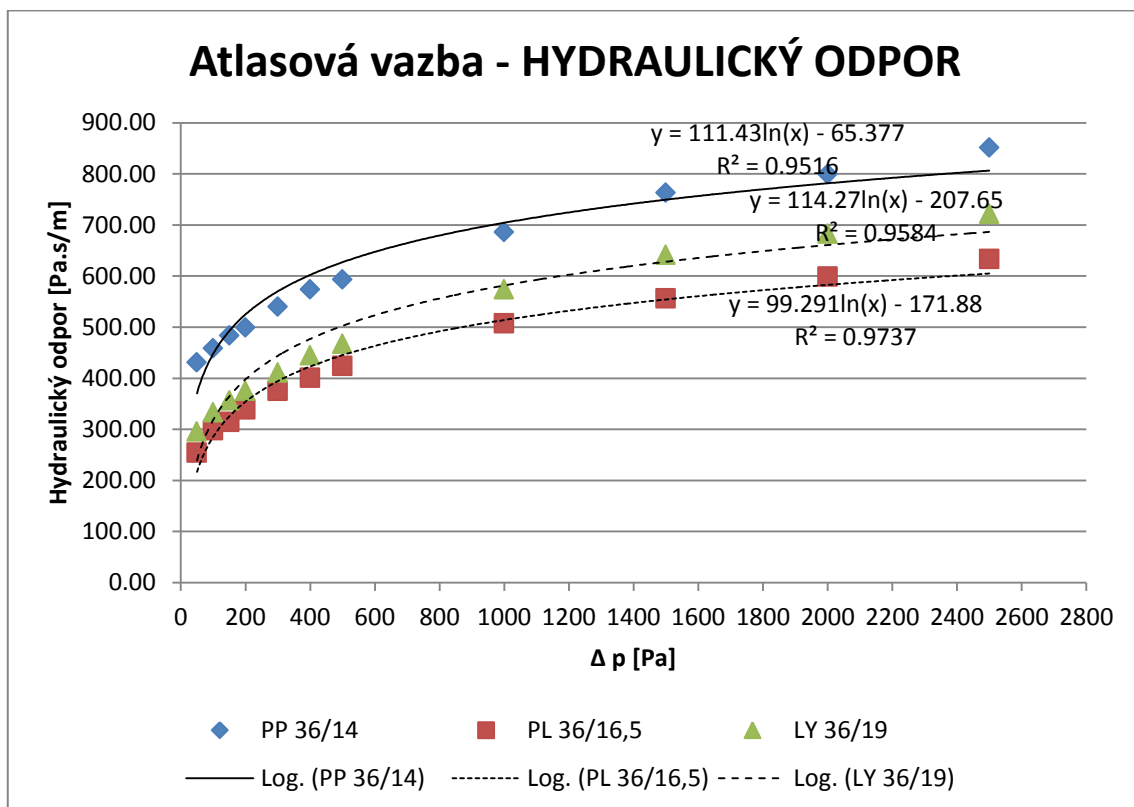
Obr. 23 Graf prodyšnosti u atlasové vazby s nejmenší dostavou.



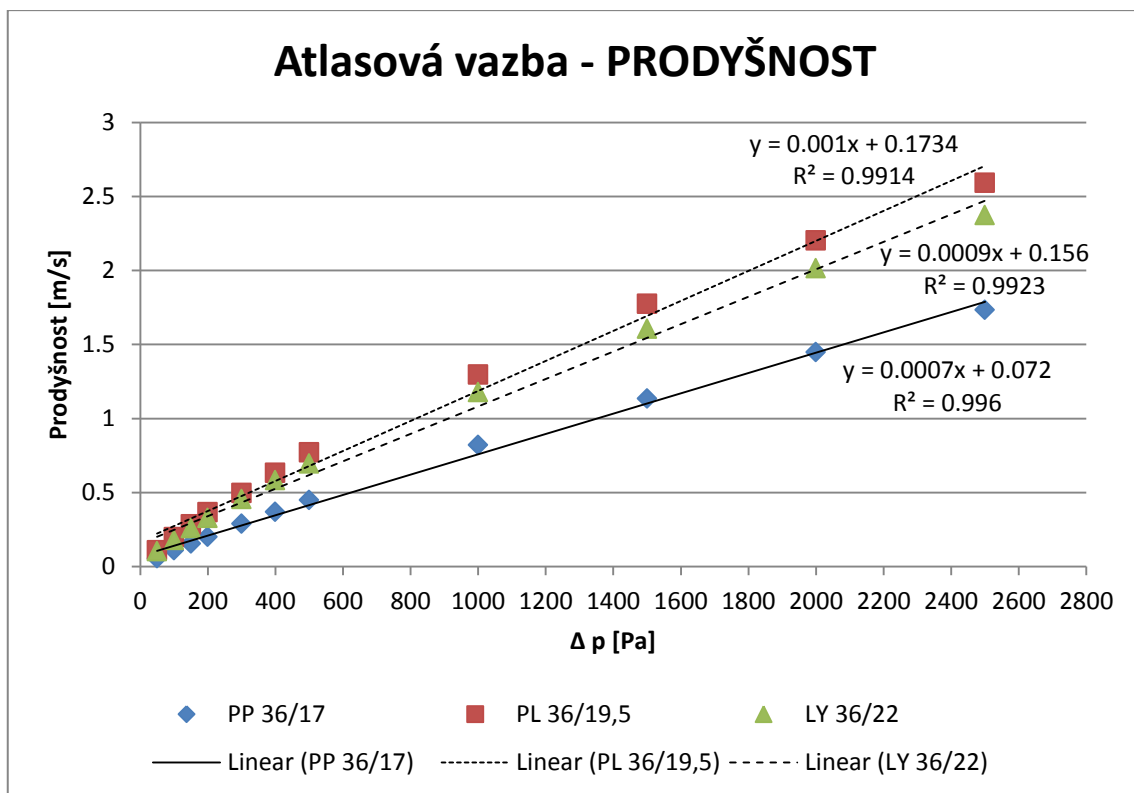
Obr. 24 Graf hydraulického odporu u atlasové vazby s nejmenší dostavou.



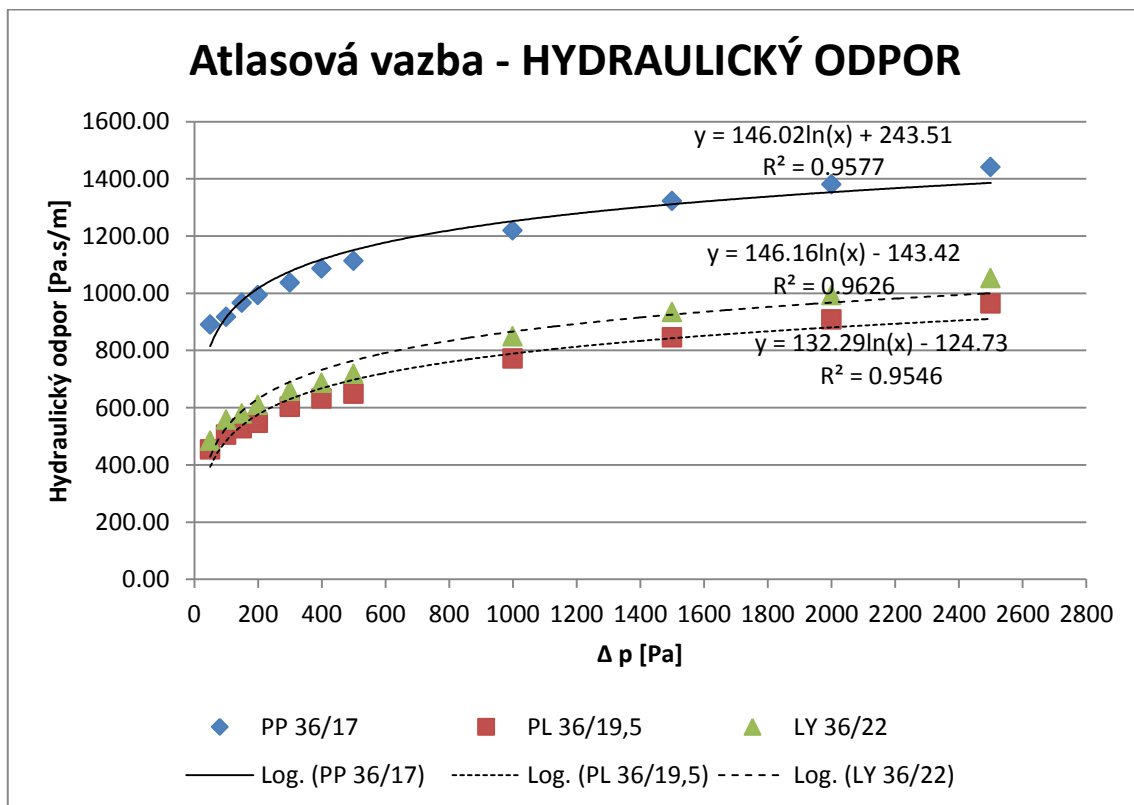
Obr. 25 Graf prodyšnosti u atlasové vazby se střední dostavou.



Obr. 26 Graf hydraulického odporu u atlasové vazby se střední dostavou.



Obr. 27 Graf prodyšnosti u atlasové vazby s největší dostavou.



Obr. 28 Graf hydraulického odporu u atlasové vazby s největší dostavou.

11.1.6 Atlasová vazba zhodnocení

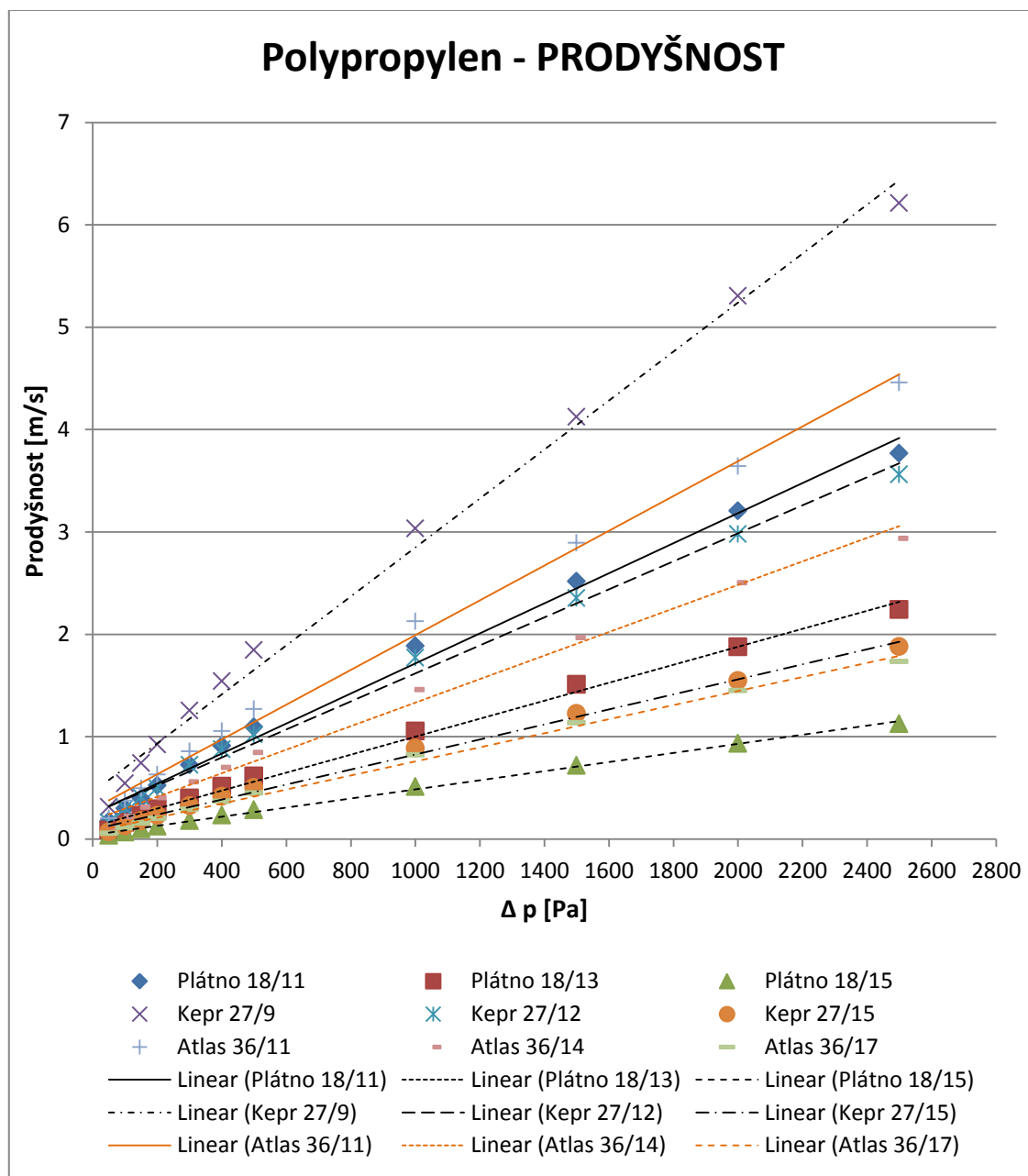
V případě atlasové vazby má ve všech případech nejnižší prodyšnost polypropylen. Jak bylo již zmíněno v předešlých případech, je to způsobeno tím, že polypropylen má nejnižší hustotu ze všech měřených vzorků. Nejvyšší prodyšnost vykazuje u atlasové vazby polyester, což může být způsobeno největší plošnou hmotností. Při zvětšující se dostavě se hodnoty plošné hmotnosti u polyesteru a lyocelu přibližují. Je zde vidět vliv plošné hmotnosti na prodyšnost, protože při zvětšující se dostavě se naměřené hodnoty prodyšnosti u lyocelu stále více přibližují k hodnotám polyesteru. Stejně jako tomu bylo i u plátňové vazby, jsou hodnoty prodyšnosti u polyesteru a lyocelu až do tlakového spádu 300 Pa podobné, při vyšších hodnotách se již rozcházejí.

Je zřejmé, že i v případě atlasové vazby má ve všech dostavách nejvyšší hodnoty hydraulického odporu polypropylen. Nejnižší hydraulický odpor má po celou dobu polyester. Naměřené hodnoty u lyocelu se spíše blíží k hodnotám polyesteru. U nejvyšší dostavy jsou tyto hodnoty podobné, a to až do tlakového spádu 300 Pa, kde se rozchází a hodnota lyocelu je opět znatelně vyšší.

11.2 Vliv z hlediska konstrukce textilie

Následující grafy zobrazují prodyšnost z hlediska konstrukce jednotlivých typů materiálů.

11.2.1 Polypropylen výsledky

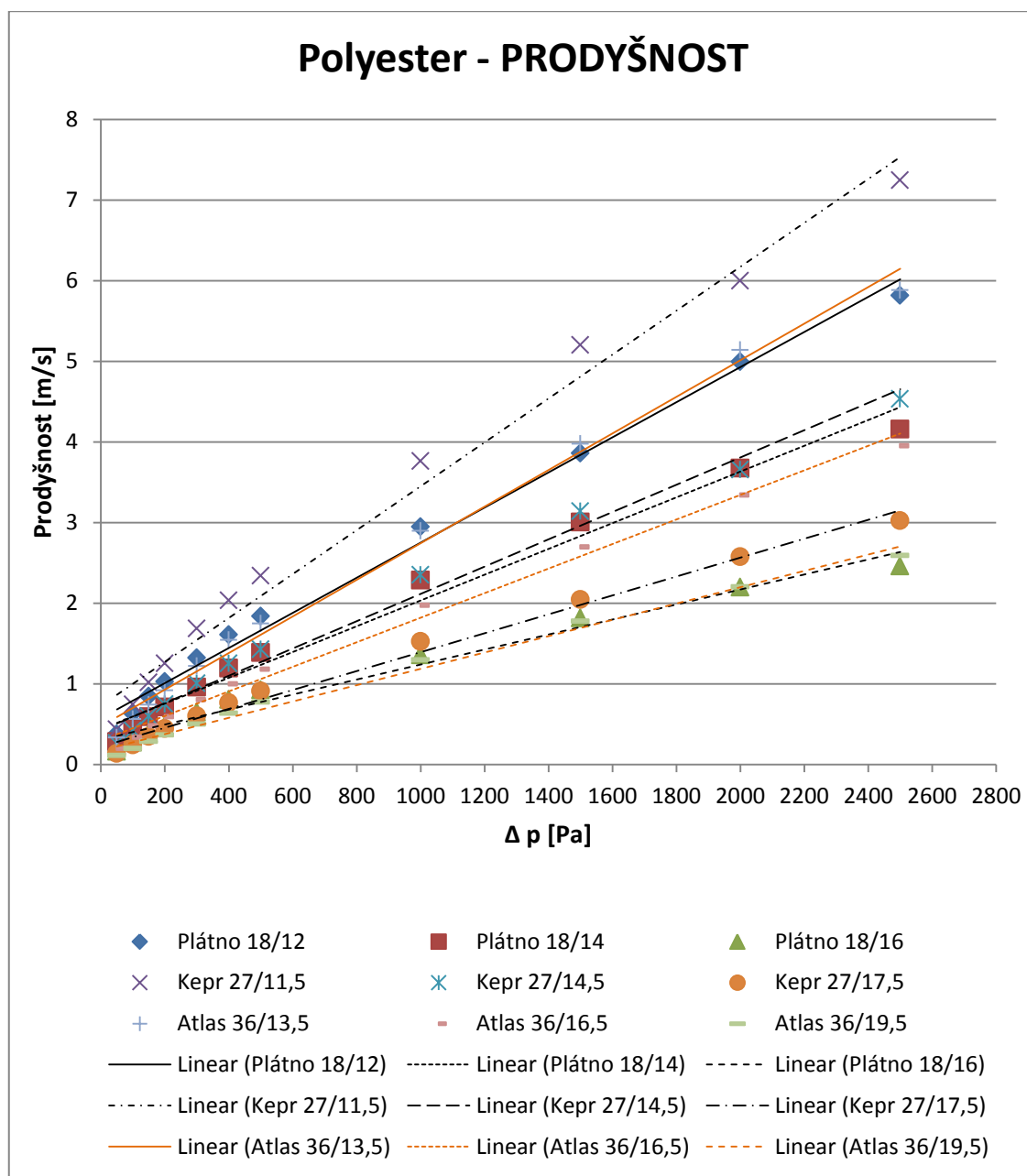


Obr. 29 Graf prodyšnosti polypropylenu.

11.2.2 Polypropylen zhodnocení

V případě polypropylenu vykazují nejvyšší prodyšnost vzorky v keprové vazbě, následuje vazba atlasová a nejnižší prodyšnost mají vzorky v plátňové vazbě. Jak již bylo zmíněno, vzorky polypropylenu mají nejnižší hustotu vláken. Mají tak větší průměr, který má vliv na zakrytí, a tedy i na prodyšnost. Se zvětšující se dostavou se prodyšnost ve všech vazbách snižuje. U keprové vazby s nejnižší dostavou je naměřena výrazně vyšší hodnota prodyšnosti, než je tomu u ostatních vazeb. Se zvyšující se dostavou se i naměřené hodnoty u keprové vazby přibližují k hodnotám atlasové vazby.

11.2.3 Polyester výsledky

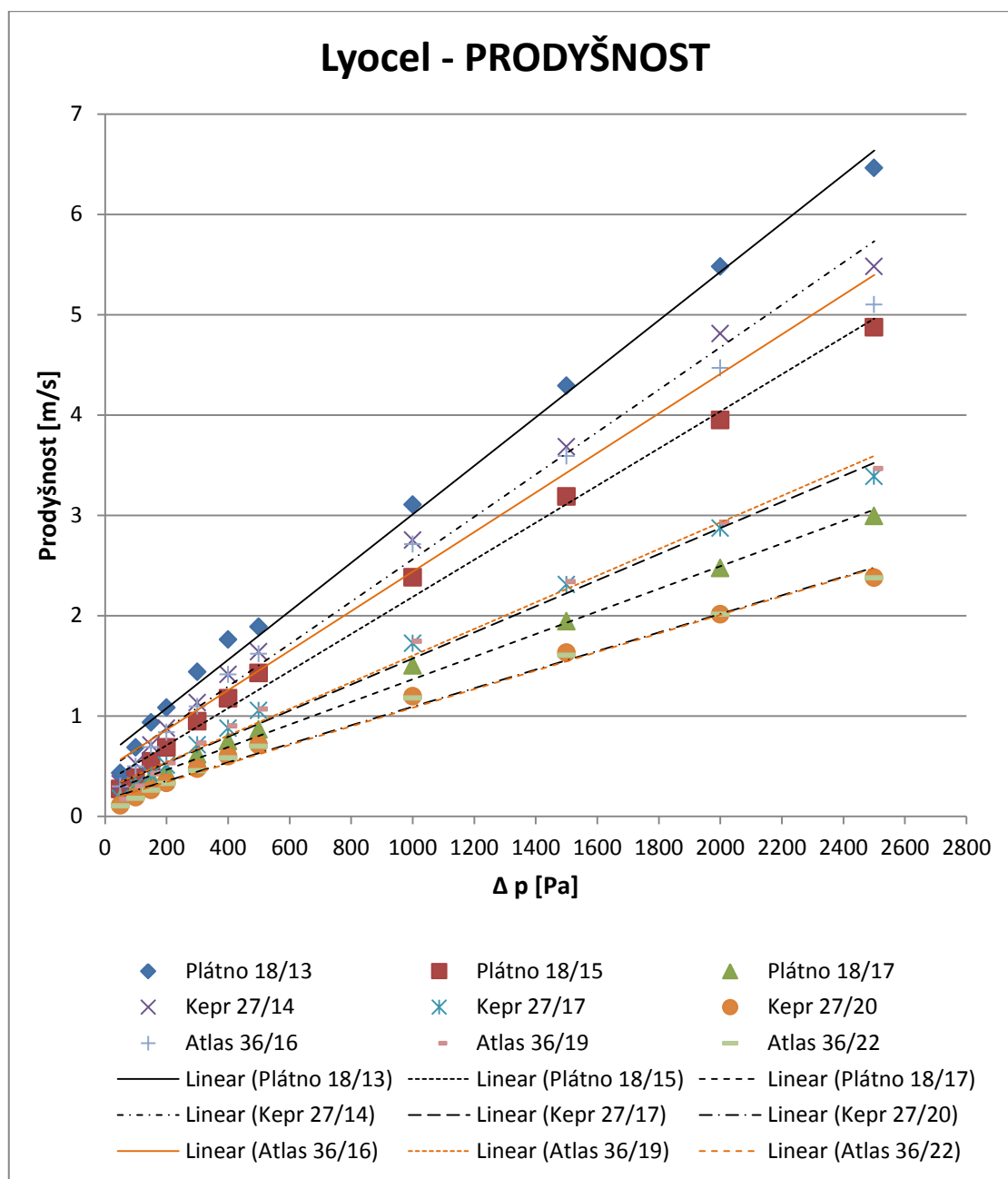


Obr. 30 Graf prodyšnosti polyesteru.

11.2.4 Polyester zhodnocení

I v případě polyesteru mají nejvyšší prodyšnost vzorky v keprové vazbě. Avšak rozdíl mezi plátnovou a atlasovou vazbou není natolik výrazný, jako tomu bylo u polypropylenu. Z grafu je možné dále vyčíst, že jak v případě nejmenší, tak i největší dostavy se hodnoty plátnové a atlasové vazby téměř překrývají.

11.2.5 Lyocel výsledky



Obr. 31 Graf prodyšnosti lyocelu.

11.2.6 Lyocel zhodnocení

U vzorků lyocelu mají nejvyšší prodyšnost vzorky v plátňové vazbě. Se zvětšující se dostavou zde dochází k přiblížení hodnot keprové a atlasové vazby. V případě vzorků s největší dostavou se tyto hodnoty dokonce kryjí.

11.3 Celkové zhodnocení

Z naměřených hodnot je patrné, že se zvyšujícím se tlakovým spádem se zvyšuje prodyšnost a hydraulický odpor u všech vazeb i materiálů. U všech vzorků je také patrné, že se zvyšující se dostavou klesá hodnota prodyšnosti. To je způsobeno tím, že se zvyšující se dostavou klesá pórovitost, která je parametrem ovlivňujícím prodyšnost.

Grafy prodyšnosti ve všech vazbách i dostavách vykazují lineární závislost. Dá se tedy říct, že trend je ve všech případech stejný, liší se pouze úsekem na ose y. Tento úsek je závislý na použitých vazbách a dostavách. Grafy hydraulického odporu již nevykazují lineární závislost, ale logaritmickou. Ta je typická tím, že hodnoty rostou, avšak stále pomalejším tempem. Lze tedy konstatovat, že hydraulický odpor je méně závislý na změnách tlakového spádu než prodyšnost.

Z uvedených grafů vyplývá, že u polypropylenu mají při daných dostavách nejnižší hodnotu prodyšnosti vzorky v plátnové vazbě, následuje vazba atlasová a nejvyšší hodnoty prodyšnosti má polypropylen v případě vazby keprové.

Co se polyesteru týče, jsou nejnižší hodnoty prodyšnosti v atlasové vazbě, v těsné blízkosti následují vzorky ve vazbě plátnové, které se se zvyšující se dostavou překrývají s vazbou atlasovou. Nejvyšší hodnoty prodyšnosti má polyester v keprové vazbě.

U lyocelu mají nejnižší prodyšnost vzorky v atlasové vazbě, v těsné blízkosti následuje vazba keprová. Nejvyšší prodyšnost pak vykazují vzorky lyocelu v plátnové vazbě.

V případě polypropylenu a polyesteru jsou grafy prodyšnosti z hlediska konstrukce materiálu velmi podobné. Může to být způsobeno tím, že oba vzorky jsou syntetického původu. Oproti tomu lyocel má zcela jiné uspořádání prodyšnosti z hlediska vazeb, což může být způsobeno přírodním původem.

Ze všech naměřených hodnot vykazuje nejnižší prodyšnost vzorek polypropylenu v plátňové vazbě s největší dostavou. Naopak nejvyšší hodnotu prodyšnosti má vzorek polyesteru v keprové vazbě s nejmenší dostavou. Je zřejmé, že při stejné jemnosti mají vlákna s větší hustotou menší průměr. Polypropylen má zhruba o 30 – 40 % menší hustotu než zbývající dva typy textilií. Proto se dalo očekávat, že polypropylenové vzorky budou mít nejnižší hodnotu prodyšnosti, a zároveň nejvyšší hodnotu hydraulického odporu. Zřejmě zde tedy hraje velký vliv hustota zkoušených materiálů.

ZÁVĚR

Tato práce byla věnována vlivu konstrukce textilie na hydraulický odpor a prodyšnost. Byla popsána prodyšnost spolu s parametry, které ji ovlivňují. Dále byly zmíněny přístroje, které se nejčastěji používají pro její měření. Pozornost také byla věnována komfortu, který je v dnešní době diskutovaným tématem. Cílem práce bylo zjistit vliv konstrukce daných textilií na prodyšnost a hydraulický odpor. Dále také určit vliv základních vazeb na prodyšnost. Tyto hodnoty proměřit a naměřené hodnoty tak vynést do grafů.

V praktické části práce byly popsány postupy měření a použité materiály. Také je zde blíže popsán přístroj FX 3300, na kterém bylo provedeno měření prodyšnosti. Toto měření bylo uskutečněno na 27 vzorcích ve třech základních vazbách s různou velikostí dostavy při různých tlakových spádech. Naměřené hodnoty byly následně přepočteny dle daného vzorce na hydraulický odpor. Hodnoty prodyšnosti a hydraulického odporu byly následně vyneseny do grafů a tabulek.

Z naměřených hodnot byla zjištěna největší prodyšnost u polyesteru v keprové vazbě s nejmenší dostavou. Naopak nejmenší prodyšnost vykazoval polypropylen v plátňové vazbě s největší dostavou. Lze také říci, že se zvyšující se dostavou klesá pórovitost. Vzhledem k závislosti prodyšnosti na pórovitosti pak lze konstatovat, že se zvyšující se dostavou klesá prodyšnost a dostava tak ovlivňuje prodyšnost tkanin. Také bylo zjištěno, že při stejné jemnosti mají vlákna s menší hustotou větší průměr, proto vykazují polypropylenové vzorky nejnižší hodnoty prodyšnosti. Lze tedy konstatovat, že zřejmě hustota zkoušených vzorků má velký vliv při měření. Závěrem můžeme říci, že prodyšnost i hydraulický odpor úzce souvisí s konstrukcí textilie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupné z:
<http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/ZFC/voda%20a%20vzduch/vzduch.htm>
- [2] NOŽIČKA, J. *Mechanika tekutin*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 165 s. ISBN 80-010-2865-8.
- [3] [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupné z:
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/555-reynoldsovo-cislo>
- [4] HEJZLAR, R. *Mechanika tekutin*. Vyd. 4. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2005, 203 s. ISBN 80-010-3350-3.
- [5] [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupné z:
<http://sszdrakarvina.cz/bunka/fy/02prou/prshr.htm>
- [6] KOVAČIČ, V. *Textilní zkušebnictví: Díl I*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2004, 2 sv. (79, 69 s.). ISBN 80-7083-825-62.
- [7] TOMKOVÁ, B., MILITKÝ, J.: Studijní materiály: Elektronická podoba skript pro Textilní metrologii IV. [online]. [cit. 2014-09-08]. Dostupné z
<<https://skripta.ft.tul.cz/database/data/2010-05-18/10-41-27.pdf>>.
- [8] ISO 9237:1995. *Textiles - Determination of the permeability of fabrics to air*. 1995.
- [9] ISO 139:2005. *Textiles - Standard atmospheres for conditioning and testing*. 2005.
- [10] KULICHENKO, A. V. Theoretical Analysis, Calculation, and Prediction of the Air Permeability of Textiles. *Fibre Chemistry*. 2005, vol. 37, issue 5, s. 371-380.
- [11] KOVAČIČ, V. *Textilní zkušebnictví: Díl II*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2004, 2 sv. (79, 69 s.). ISBN 80-7083-825-62.
- [12] ZRŮNOVÁ, Š. *Kalibrace přístroje pro měření prodyšnosti plošných textilií*. Liberec, 2011. Diplomová práce. TUL.
- [13] WEBB, Edited by Clifford K. Ho and Stephen W. *Gas transport in porous media*. Dordrecht: Springer, 2006. ISBN 978-140-2039-621.
- [14] BEAR, J. *Dynamics of fluids in porous media*. New York: Dover, 1988c1972, xvii, 764 p. ISBN 978-0486656755.
- [15] MILITKÝ, J., VIK, M., VIKOVÁ, M., KŘEMENÁKOVÁ, D. Influence of fabric construction on the their porosity and air permeability. *Influence of fabric construction on the their porosity and air permeability* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: [http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.2_publikace/\[1.2.30\].pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.2_publikace/[1.2.30].pdf)

- [16] HAVLOVÁ, M. Air Permeability and Costructional Parameters of Woven Fabrics. *Air Permeability and Costructional Parameters of Woven Fabrics* [online]. 2013, č. 2 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: file:///C:/Users/Lenka/Downloads/2013-2-84--p-air_permeability_and_costructional_parameters_nbsp%3Bof_woven_fabrics-_p-.pdf
- [17] SLUKA, P. *Výparný a hydraulický odpor vícevrstvých textilií*. Liberec, 2006. Diplomová práce. TUL.
- [18] Operating Instructions for the TEXTTEST FX 3300 Air Permeability Tester III – manuál k přístroji, přístupný na KHT, TUL.
- [19] ISO 31092:1996. *Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek*. Praha:Český normalizační institut,1996.
- [20] PAŘILOVÁ, H. *Typologie tkanin - textilní zbožíznalství*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011, 100 s. ISBN 978-80-7372-674-4.
- [21] DOSTALOVÁ, M., KŘIVÁNKOVÁ, M. *Základy textilní a oděvní výroby*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, 1998, 159 s. ISBN 80-708-3306-8.
- [22] Teorie tkalcovství. *Tkalcovství* [online]. 2003 [cit. 2014-09-03]. Dostupné z: http://www.arttex-stavy.cz/main_t2.html
- [23] HES, L., SLUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2005, 109 s. ISBN 80-708-3926-0.
- [24] SONG, Edited by Guowen. *Improving comfort in clothing*. Oxford: Woodhead Pub. ISBN 978-184-5695-392.
- [25] OREL, M., FACOVÁ, V. *Člověk, jeho smysly a svět*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2010, 248 s. Psyché (Grada). ISBN 978-802-4729-466.
- [26] *Technologie nanokapslí - systém pronikání do kůže* [online]. [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.medaprex.cz/cs/magazin-krasy/studie-a-odborne-clanky/technologie-nanokapsli-system-pronikani-do-kuze-44.html>
- [27] DE RAEVE, A., COOLS, J., BOSSAER, H., VANDERHOEVEN, M. *Characterisation of factors influencing wear comfort of clothing*. University College Ghent, 2013, s. 185-190.
- [28] AMERICAN RED CROSS. *Lifeguarding manual*. United States of America, 2012.
- [29] *Fyziologie a patofyziologie člověka v extrémních podmínkách* [online]. Masarykova univerzita [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/fyziologie/fyziologie-a-patofyziologie>

- [30] STANĚK, J., PAŘILOVÁ, H. *Textilní zbožížnalství*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 1996, 118 s. ISBN 80-708-3192-8.
- [31] Chemická vlákna. *Vlákna ze syntetického polymeru* [online]. 2013 [cit. 2014-09-03]. Dostupné z: <http://turbo.cdv.tul.cz/mod/book/view.php?id=2363&chapterid=3448>
- [32] 2G. *Lyocell* [online]. 2014 [cit. 2014-09-03].
Dostupné z : <http://www.2g.eu/website/mainmenu/products/vyrobky-z-prirodnich-materialu/lyocell/>
- [33] LACKOVÁ, K. *Fibrilace lyocelových vláken*. Liberec, 2013. Diplomová práce. TUL.
- [34] Chemická vlákna. *Vlákna ze syntetického polymeru - polyester* [online]. 2013 [cit. 2014-09-03].
Dostupné z : <http://turbo.cdv.tul.cz/mod/book/view.php?id=2363&chapterid=3446>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Tabulka měření polypropylenu
Příloha 2	Tabulka měření polyesteru
Příloha 3	Tabulka měření lyocelu

Příloha 1**Tabulka měření polypropylenu****Vzorek 1**

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	170	173	170	174	169	171,2	0,1712	292,06
100	295	293	309	302	291	298	0,298	335,57
150	402	396	390	393	395	395,2	0,3952	379,55
200	517	532	525	516	518	521,6	0,5216	383,44
300	720	719	726	728	727	724	0,724	414,36
400	926	930	929	870	900	911	0,911	439,08
500	1100	1090	1110	1080	1090	1094	1,094	457,04
1000	1850	1880	1890	1910	1900	1886	1,886	530,22
1500	2530	2510	2510	2500	2530	2516	2,516	596,18
2000	3210	3230	3200	3210	3170	3204	3,204	624,22
2500	3790	3760	3770	3720	3800	3768	3,768	663,48

Vzorek 2

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	86,8	86,6	86,4	85,9	85,3	86,2	0,0862	580,05
100	160	164	164	156	161	161	0,161	621,12
150	230	232	232	234	229	231,4	0,2314	648,23
200	293	290	290	294	292	291,8	0,2918	685,40
300	397	394	400	404	403	399,6	0,3996	750,75
400	526	512	506	511	512	513,4	0,5134	779,12
500	612	607	614	620	622	615	0,615	813,01
1000	1030	1030	1080	1070	1060	1054	1,054	948,77
1500	1540	1490	1500	1500	1520	1510	1,51	993,38
2000	1900	1860	1880	1880	1870	1878	1,878	1064,96
2500	2230	2210	2250	2250	2260	2240	2,24	1116,07

Vzorek 3

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	37,1	34,5	36,5	36,3	35,1	35,9	0,0359	1392,76
100	69	69,3	67,2	66,1	62,4	66,8	0,0668	1497,01
150	97	96,7	96,6	97,6	98,1	97,2	0,0972	1543,21
200	125	127	128	118	119	123,4	0,1234	1620,75
300	178	180	182	181	177	179,6	0,1796	1670,38
400	241	239	231	229	230	234	0,234	1709,40
500	282	287	286	283	280	283,6	0,2836	1763,05
1000	511	508	511	510	509	509,8	0,5098	1961,55
1500	712	720	729	714	720	719	0,719	2086,23
2000	932	936	935	923	937	932,6	0,9326	2144,54
2500	1150	1130	1120	1120	1110	1126	1,126	2220,25

Vzorek 4

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	317	313	315	307	312	312,8	0,3128	159,85
100	547	544	540	542	547	544	0,544	183,82
150	745	760	737	730	736	741,6	0,7416	202,27
200	926	909	912	929	926	920,4	0,9204	217,30
300	1270	1250	1270	1270	1210	1254	1,254	239,23
400	1510	1530	1560	1560	1540	1540	1,54	259,74
500	1840	1860	1870	1830	1820	1844	1,844	271,15
1000	3030	3080	3070	2990	3000	3034	3,034	329,60
1500	4100	4120	4150	4130	4120	4124	4,124	363,72
2000	5280	5360	5280	5310	5300	5306	5,306	376,93
2500	6140	6140	6210	6270	6300	6212	6,212	402,45

Vzorek 5

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	160	163	160	159	160	160,4	0,1604	311,72
100	299	291	301	299	297	297,4	0,2974	336,25
150	407	409	412	413	395	407,2	0,4072	368,37
200	498	499	502	497	488	496,8	0,4968	402,58
300	722	728	727	708	729	722,8	0,7228	415,05
400	891	892	860	863	870	875,2	0,8752	457,04
500	1010	1000	1030	1030	1040	1022	1,022	489,24
1000	1780	1760	1790	1780	1740	1770	1,77	564,97
1500	2340	2350	2350	2360	2370	2354	2,354	637,21
2000	3010	3000	2970	2950	2960	2978	2,978	671,59
2500	3580	3550	3560	3550	3560	3560	3,56	702,25

Vzorek 6

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	69,2	68,4	70,1	71,6	69,9	69,84	0,06984	715,92
100	129	124	126	129	122	126	0,126	793,65
150	178	177	179	180	178	178,4	0,1784	840,81
200	230	227	230	231	229	229,4	0,2294	871,84
300	326	323	323	328	324	324,8	0,3248	923,65
400	414	418	419	417	414	416,4	0,4164	960,61
500	502	499	505	500	501	501,4	0,5014	997,21
1000	886	878	896	890	882	886,4	0,8864	1128,16
1500	1210	1220	1220	1230	1250	1226	1,226	1223,49
2000	1550	1540	1550	1550	1540	1546	1,546	1293,66
2500	1860	1860	1890	1900	1890	1880	1,88	1329,79

Vzorek 7

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	204	208	194	204	202	202,4	0,2024	247,04
100	384	375	370	369	365	372,6	0,3726	268,38
150	504	489	491	486	495	493	0,493	304,26
200	631	633	632	627	622	629	0,629	317,97
300	854	858	866	850	848	855,2	0,8552	350,80
400	1070	1050	1060	1040	1040	1052	1,052	380,23
500	1270	1250	1270	1270	1280	1268	1,268	394,32
1000	2120	2130	2130	2130	2120	2126	2,126	470,37
1500	2880	2880	2870	2900	2930	2892	2,892	518,67
2000	3630	3620	3620	3670	3660	3640	3,64	549,45
2500	4480	4420	4430	4480	4490	4460	4,46	560,54

Vzorek 8

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	113	112	115	121	119	116	0,116	431,03
100	218	219	219	220	215	218,2	0,2182	458,30
150	307	309	313	309	313	310,2	0,3102	483,56
200	399	404	402	399	400	400,8	0,4008	499,00
300	560	558	547	556	559	556	0,556	539,57
400	697	700	701	688	700	697,2	0,6972	573,72
500	842	843	841	850	839	843	0,843	593,12
1000	1450	1460	1470	1460	1450	1458	1,458	685,87
1500	1960	1970	1960	1950	1990	1966	1,966	762,97
2000	2510	2470	2520	2510	2500	2502	2,502	799,36
2500	2920	2960	2920	2970	2910	2936	2,936	851,50

Vzorek 9

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	56,8	55,8	56,6	56,1	55,4	56,14	0,05614	890,63
100	110	109	107	109	110	109	0,109	917,43
150	155	156	154	157	154	155,2	0,1552	966,49
200	201	200	205	201	199	201,2	0,2012	994,04
300	291	285	289	291	290	289,2	0,2892	1037,34
400	376	366	360	369	370	368,2	0,3682	1086,37
500	455	452	448	449	441	449	0,449	1113,59
1000	823	820	825	819	812	819,8	0,8198	1219,81
1500	1130	1130	1140	1140	1130	1134	1,134	1322,75
2000	1450	1430	1460	1450	1450	1448	1,448	1381,22
2500	1720	1740	1730	1730	1750	1734	1,734	1441,75

Příloha 2 Tabulka měření polyesteru**Vzorek 10**

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	377	372	376	375	375	375	0,375	133,33
100	627	631	628	627	628	628,2	0,6282	159,18
150	843	843	846	845	846	844,6	0,8446	177,60
200	1030	1040	1020	1020	1020	1026	1,026	194,93
300	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1,32	227,27
400	1580	1580	1620	1630	1630	1608	1,608	248,76
500	1840	1830	1830	1840	1840	1836	1,836	272,33
1000	2950	2950	2940	2950	2950	2948	2,948	339,21
1500	3840	3850	3880	3860	3870	3860	3,86	388,60
2000	5000	5030	4980	4980	4980	4994	4,994	400,48
2500	5780	5820	5820	5840	5830	5818	5,818	429,70

Vzorek 11

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	289	286	281	279	276	282,2	0,2822	177,18
100	452	453	448	439	440	446,4	0,4464	224,01
150	592	594	588	593	590	591,4	0,5914	253,64
200	714	716	710	709	705	710,8	0,7108	281,37
300	960	964	961	957	950	958,4	0,9584	313,02
400	1190	1190	1200	1190	1200	1194	1,194	335,01
500	1400	1360	1380	1400	1390	1386	1,386	360,75
1000	2280	2290	2270	2300	2290	2286	2,286	437,45
1500	3000	3000	3010	3000	3020	3006	3,006	499,00
2000	3690	3640	3690	3700	3650	3674	3,674	544,37
2500	4170	4170	4130	4170	4160	4160	4,16	600,96

Vzorek 12

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	160	160	164	163	163	162	0,162	308,64
100	278	273	274	270	269	272,8	0,2728	366,57
150	382	384	383	382	383	382,8	0,3828	391,85
200	481	473	475	476	475	476	0,476	420,17
300	642	647	644	649	650	646,4	0,6464	464,11
400	801	804	803	806	800	802,8	0,8028	498,26
500	922	921	929	927	929	925,6	0,9256	540,19
1000	1380	1360	1360	1340	1350	1358	1,358	736,38
1500	1820	1800	1810	1830	1820	1816	1,816	825,99
2000	2180	2190	2210	2200	2210	2198	2,198	909,92
2500	2480	2500	2490	2400	2430	2460	2,46	1016,26

Vzorek 13

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	437	431	434	432	435	433,8	0,4338	115,26
100	742	745	744	743	745	743,8	0,7438	134,44
150	1020	1010	1020	1010	1020	1016	1,016	147,64
200	1240	1260	1250	1260	1250	1252	1,252	159,74
300	1700	1690	1690	1680	1670	1686	1,686	177,94
400	2040	2040	2020	2040	2030	2034	2,034	196,66
500	2330	2340	2330	2340	2350	2338	2,338	213,86
1000	3770	3770	3760	3730	3770	3760	3,76	265,96
1500	5150	5200	5220	5220	5230	5204	5,204	288,24
2000	5900	6000	6030	6020	6050	6000	6	333,33
2500	7190	7210	7250	7350	7240	7248	7,248	344,92

Vzorek 14

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	270	265	259	256	260	262	0,262	190,84
100	416	420	419	418	419	418,4	0,4184	239,01
150	593	601	597	598	597	597,2	0,5972	251,17
200	740	746	749	749	750	746,8	0,7468	267,81
300	1010	1010	1000	1010	1000	1006	1,006	298,21
400	1250	1240	1260	1250	1250	1250	1,25	320,00
500	1420	1430	1430	1430	1420	1426	1,426	350,63
1000	2330	2360	2350	2360	2360	2352	2,352	425,17
1500	3160	3150	3160	3100	3130	3140	3,14	477,71
2000	3660	3630	3640	3670	3680	3656	3,656	547,05
2500	4510	4560	4520	4540	4530	4532	4,532	551,63

Vzorek 15

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	136	134	134	133	134	134,2	0,1342	372,58
100	241	245	241	241	243	242,2	0,2422	412,88
150	340	347	349	346	350	346,4	0,3464	433,03
200	445	451	442	440	439	443,4	0,4434	451,06
300	594	601	600	602	599	599,2	0,5992	500,67
400	766	759	767	766	765	764,6	0,7646	523,15
500	909	912	912	911	904	909,6	0,9096	549,69
1000	1510	1540	1530	1530	1520	1526	1,526	655,31
1500	2030	2050	2060	2040	2050	2046	2,046	733,14
2000	2560	2580	2570	2580	2590	2576	2,576	776,40
2500	3040	3030	3000	3020	3030	3024	3,024	826,72

Vzorek 16

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	337	331	328	328	329	330,6	0,3306	151,24
100	563	565	564	560	554	561,2	0,5612	178,19
150	745	750	727	741	740	740,6	0,7406	202,54
200	916	924	929	911	909	917,8	0,9178	217,91
300	1190	1210	1250	1220	1220	1218	1,218	246,31
400	1520	1540	1540	1560	1560	1544	1,544	259,07
500	1750	1730	1750	1760	1750	1748	1,748	286,04
1000	2870	2890	2900	2910	2910	2896	2,896	345,30
1500	3950	3950	3980	4000	4010	3978	3,978	377,07
2000	5170	5150	5190	5100	5090	5140	5,14	389,11
2500	5900	5910	5810	5890	5900	5882	5,882	425,03

Vzorek 17

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	194	198	196	197	198	196,6	0,1966	254,32
100	326	336	339	340	338	335,8	0,3358	297,80
150	480	475	480	476	474	477	0,477	314,47
200	596	587	589	591	589	590,4	0,5904	338,75
300	801	796	800	799	801	799,4	0,7994	375,28
400	996	997	996	999	1000	997,6	0,9976	400,96
500	1170	1180	1170	1190	1190	1180	1,18	423,73
1000	1980	1940	1970	1980	1990	1972	1,972	507,10
1500	2680	2670	2700	2720	2710	2696	2,696	556,38
2000	3320	3350	3340	3350	3340	3340	3,34	598,80
2500	3950	3950	3940	3960	3950	3950	3,95	632,91

Vzorek 18

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	108	112	111	109	110	110	0,11	454,55
100	199	198	196	197	198	197,6	0,1976	506,07
150	284	284	285	284	283	284	0,284	528,17
200	364	366	367	366	366	365,8	0,3658	546,75
300	499	500	494	497	498	497,6	0,4976	602,89
400	626	629	630	643	635	632,6	0,6326	632,31
500	773	770	764	772	774	770,6	0,7706	648,85
1000	1280	1290	1300	1300	1310	1296	1,296	771,60
1500	1750	1780	1780	1770	1790	1774	1,774	845,55
2000	2220	2200	2200	2190	2200	2202	2,202	908,27
2500	2580	2580	2610	2600	2590	2592	2,592	964,51

Příloha 3**Tabulka měření lyocelu****Vzorek 19**

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	429	435	434	426	427	430,2	0,4302	116,23
100	682	689	664	700	698	686,6	0,6866	145,65
150	933	935	935	938	940	936,2	0,9362	160,22
200	1060	1070	1100	1090	1100	1084	1,084	184,50
300	1430	1460	1450	1430	1430	1440	1,44	208,33
400	1760	1780	1760	1760	1750	1762	1,762	227,01
500	1890	1890	1860	1900	1910	1890	1,89	264,55
1000	3100	3120	3060	3130	3120	3106	3,106	321,96
1500	4300	4220	4280	4340	4320	4292	4,292	349,49
2000	5460	5460	5500	5490	5490	5480	5,48	364,96
2500	6490	6430	6500	6450	6440	6462	6,462	386,88

Vzorek 20

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	270	277	282	266	260	271	0,271	184,50
100	380	382	383	388	384	383,4	0,3834	260,82
150	553	547	545	543	542	546	0,546	274,73
200	691	686	692	673	691	686,6	0,6866	291,29
300	951	942	940	952	945	946	0,946	317,12
400	1170	1180	1180	1170	1180	1176	1,176	340,14
500	1460	1430	1420	1420	1410	1428	1,428	350,14
1000	2380	2380	2370	2390	2380	2380	2,38	420,17
1500	3190	3200	3190	3170	3180	3186	3,186	470,81
2000	3950	3930	3950	3960	3960	3950	3,95	506,33
2500	4900	4870	4860	4870	4860	4872	4,872	513,14

Vzorek 21

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	180	173	173	172	166	172,8	0,1728	289,35
100	291	290	289	287	286	288,6	0,2886	346,50
150	401	395	388	387	370	388,2	0,3882	386,40
200	457	448	442	440	445	446,4	0,4464	448,03
300	630	623	624	604	598	615,8	0,6158	487,17
400	737	745	743	763	760	749,6	0,7496	533,62
500	869	865	864	881	856	867	0,867	576,70
1000	1500	1480	1520	1510	1510	1504	1,504	664,89
1500	1940	1940	1930	1940	1970	1944	1,944	771,60
2000	2430	2450	2510	2480	2500	2474	2,474	808,41
2500	3100	2970	2970	2960	2970	2994	2,994	835,00

Vzorek 22

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	330	326	319	322	316	322,6	0,3226	154,99
100	531	537	528	516	521	526,6	0,5266	189,90
150	712	713	706	705	709	709	0,709	211,57
200	872	879	884	890	867	878,4	0,8784	227,69
300	1170	1120	1110	1130	1130	1132	1,132	265,02
400	1380	1400	1420	1430	1430	1412	1,412	283,29
500	1660	1680	1590	1620	1640	1638	1,638	305,25
1000	2700	2730	2750	2800	2780	2752	2,752	363,37
1500	3630	3690	3670	3700	3720	3682	3,682	407,39
2000	4800	4840	4850	4750	4800	4808	4,808	415,97
2500	5440	5490	5450	5510	5500	5478	5,478	456,37

Vzorek 23

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	180	184	179	179	175	179,4	0,1794	278,71
100	312	314	314	306	305	310,2	0,3102	322,37
150	409	406	407	409	406	407,4	0,4074	368,19
200	512	512	506	510	510	510	0,51	392,16
300	702	710	713	720	721	713,2	0,7132	420,64
400	880	879	872	876	882	877,8	0,8778	455,68
500	1060	1040	1050	1060	1060	1054	1,054	474,38
1000	1730	1740	1700	1720	1730	1724	1,724	580,05
1500	2270	2290	2300	2320	2360	2308	2,308	649,91
2000	2860	2860	2870	2890	2880	2872	2,872	696,38
2500	3390	3400	3360	3390	3400	3388	3,388	737,90

Vzorek 24

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	108	109	108	107	108	108	0,108	462,96
100	189	187	192	192	191	190,2	0,1902	525,76
150	264	266	264	264	263	264,2	0,2642	567,75
200	333	333	332	335	336	333,8	0,3338	599,16
300	470	474	473	474	477	473,6	0,4736	633,45
400	600	601	602	599	600	600,4	0,6004	666,22
500	715	710	710	712	711	711,6	0,7116	702,64
1000	1190	1190	1200	1200	1200	1196	1,196	836,12
1500	1620	1630	1640	1630	1630	1630	1,63	920,25
2000	2010	2020	2010	2020	2010	2014	2,014	993,05
2500	2360	2380	2380	2390	2380	2378	2,378	1051,30

Vzorek 25

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	301	295	300	293	299	297,6	0,2976	168,01
100	504	495	500	494	499	498,4	0,4984	200,64
150	698	690	686	685	687	689,2	0,6892	217,64
200	841	843	839	828	830	836,2	0,8362	239,18
300	1160	1110	1080	1110	1020	1096	1,096	273,72
400	1450	1400	1420	1390	1400	1412	1,412	283,29
500	1630	1600	1590	1650	1630	1620	1,62	308,64
1000	2680	2750	2700	2780	2650	2712	2,712	368,73
1500	3580	3600	3600	3580	3590	3590	3,59	417,83
2000	4470	4430	4450	4450	4540	4468	4,468	447,63
2500	5160	5000	5070	5130	5140	5100	5,1	490,20

Vzorek 26

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	172	170	169	170	166	169,4	0,1694	295,16
100	305	311	303	293	290	300,4	0,3004	332,89
150	428	429	415	417	416	421	0,421	356,29
200	545	547	540	515	520	533,4	0,5334	374,95
300	747	737	739	711	716	730	0,73	410,96
400	892	903	916	884	903	899,6	0,8996	444,64
500	1080	1070	1070	1070	1060	1070	1,07	467,29
1000	1790	1730	1730	1740	1730	1744	1,744	573,39
1500	2330	2330	2340	2350	2340	2338	2,338	641,57
2000	2920	2930	2930	2940	2930	2930	2,93	682,59
2500	3460	3410	3480	3500	3470	3464	3,464	721,71

Vzorek 27

Δp	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	P[m/s]	Rh [Pa.s/m]
50	107	105	103	100	101	103,2	0,1032	484,50
100	181	178	180	178	179	179,2	0,1792	558,04
150	263	261	260	255	255	258,8	0,2588	579,60
200	329	330	326	327	329	328,2	0,3282	609,38
300	459	452	452	454	458	455	0,455	659,34
400	582	583	581	582	584	582,4	0,5824	686,81
500	703	705	705	689	680	696,4	0,6964	717,98
1000	1180	1170	1180	1180	1180	1178	1,178	848,90
1500	1600	1610	1620	1610	1590	1606	1,606	934,00
2000	2000	2000	2010	2020	2040	2014	2,014	993,05
2500	2350	2390	2380	2370	2380	2374	2,374	1053,07